

Mikke Karjalainen

# Mobiilisovellusten hyödyntäminen työmaan tuotannossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

4.5.2017

Tekijät Otsikko	Mikke Karjalainen Mobiilisovellusten hyödyntäminen työmaan tuotannossa
Sivumäärä Aika	44 sivua 4.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Suunnittelupäällikkö Jyrki Maalahti Lehtori Niilo Kemppainen
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa, mitkä osa-alueet työmaan tuotannonohjauksessa tarvitsivat eniten tehostamista ja näihin etsittiin rakennusalan mobiilisovellusmarkkinoilta ratkaisuja.</p> <p>Työmaan pääasiallisiksi tarpeiksi haarukoitui toteuman seuranta sekä laatutarkastusten dokumentaatio. Näihin molempiin tarpeisiin valittiin kaksi SRV:n aiemmin kokeilematonta mobiilisovellusta, joiden soveltuvuutta työmaalle tutkittiin eripituisten jaksoiden ajan.</p> <p>Toteumatiedon seurantaan valittuja mobiilisovelluksia kokeiltiin työmaalla kolmen viikon pituisella ajanjaksolla. Toisella mobiilisovelluksella seurattiin rungon ja toisella taloteknisten asennuksien etenemistä. Laatudokumentointiin valituilla mobiilisovelluksilla keskityttiin tarkastusten helppokäyttöisyyteen ja raporttien tiedon jakamiseen.</p> <p>Toteuman seurantaan kokeillut mobiilisovellukset eivät sellaisenaan soveltuneet työmaalle. Sovellukset kaipaivat jotain pienempiä tai suurempia muutoksia. Laatudokumentoinnin mobiilisovellukset puolestaan sopivat paremmin työmaalle, vaikka näistäkin löytyi kehittämistä. Opinnäytetyön tulos on tärkeää tietoa SRV:lle mobiilisovellusten jatkokartoitusta varten.</p>	
Avainsanat	Mobiilisovellus, tuotannonohjaus, toteumatieto, laatudokumentointi

Authors Title	Mikke Karjalainen Utilization of mobile applications in production management
Number of Pages Date	44 pages 24.4.2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Project Management for Construction
Instructors	Planning Manager, Jyrki Maalahti Senior Lecturer, Niilo Kemppainen
<p>The purpose of this thesis was to find out which parts of production management at the construction site has the most to improve and to look for solutions in the construction mobile applications market.</p> <p>The main needs of the site were identified to be tracking of production and documentation of quality audits. Two SRV's previously unproved mobile applications were selected for these two needs, and the suitability of the mobile applications for the site was studied over a period of different lengths.</p> <p>Mobile applications selected for production tracking were tested on the site over a three-week period. The second mobile application tracked the progress of the HPAC installations and the other framework installations. Mobile applications selected for quality certification focused on the ease of use and on the sharing of the ready-made reports.</p> <p>Mobile applications tested for production tracking did not, as such, work on the site. The apps needed some smaller or bigger changes. The mobile applications of the quality documentation, on the other hand, were better suited for the site, even though these were found to be developmental. The result of the thesis is important information for SRV for further mapping of mobile applications in the construction field.</p>	
Keywords	Mobile applications, production management, quality documentation

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tavoite	1
2	Rakentamisen tuotannonohjaus	2
2.1	Tuotannon hallinta	2
2.2	Ajallinen hallinta	5
2.2.1	Aikataulun suunnittelu	5
2.2.2	Aikataulun valvonta	7
2.2.3	Tuotannonohjaus	9
2.3	Laadunhallinta	12
2.3.1	Laadunhallinnan tavoitteet ja keinot	12
2.3.2	Laadunhallinnan suunnittelu	13
2.3.3	Laadunvarmistustoimenpiteet	14
3	Tietomallit	19
3.1	Lisää ulottuvuuksia	20
4	REDI-työmaa	21
4.1	Haastattelut	22
4.2	Työmaan tarve	22
5	Toteuman seuranta	23
5.1	Synchro PRO & Synchro SITE	23
5.1.1	Soveltuvuus työmaalle	25
5.2	VisiLean	29
5.2.1	Soveltuvuus työmaalle	30
6	Laatudokumentointi	34
6.1	ConSight	34
6.1.1	Soveltuvuus työmaalle	35
6.2	PlanGrid	37
6.2.1	Soveltuvuus työmaalle	38

7	Pohdinta	41
8	Yhteenveto	41
	Lähteet	43

## Lyhenteet

4D-tietomalli	on aikataulutietoa sisällään pitävä tietomalli.
BIM	(engl. Building Information Model) eli tietomalli on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa.
IFC	(engl. Industry Foundation Classes) on rakennusalan avoin standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon ohjelmasta toiseen.
iOS	(engl. iPhone Operating System) iPhonen käyttöjärjestelmä.
KVR-urakka	(kokonaisvastuurakentaminen) on urakka, johon kohteen toteuttamisen lisäksi sisältyy sen suunnittelu.
LandXML	XML-pohjainen tiedonvälityksen formaatti, joka sisältää määrittelyt infra- ja maanmittaustiedolle.
MVR-mittaus	Maa- ja vesirakennustyömaan työturvallisuuden havaintomenetelmä.
TR-mittaus	Talonrakennustyömaan työturvallisuuden havaintomenetelmä.
YSE	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot.

## 1 Johdanto

Tietotekniikka kehittyä hurjaa vauhtia ja se vaikuttaa myös rakennusallalla. Se on mahdollistanut rakennusalan sähköisten työkalujen kehityksen. Nykyään mobiililaitteet alkavat olla tarpeeksi tehokkaita, jotta niillä pystytään tekemään käytännössä kaikkea mitä pöytäietokoneella. Toisaalta mobiililaitteiden käyttäminen ei ole yhtä helppokäyttöistä kuin pöytäietokoneen. Rakennusalan markkinoille ilmestyy yhtä mittaa uusia ohjelmia ja ratkaisuja erilaisiin ongelmiin. Työmaiden tietotekninen muutosprosessi ei silti kulje käsi kädessä tietotekniikan kehittymisen kanssa. Useilla rakennustyömailla on jumiuduttu vanhoihin käytäntöihin ja tapoihin. Kynnys uuden työkalun käyttöönottoon on suuri.

Mobiilisovellusten käyttö tuotannonohjauksessa mahdollistaa sen, että tietoihin pääsee käsiksi työmaalla liikkussa, eikä pelkästään työmaatoimistossa, kuten aiemmin. Mobiililaitteilla pystytään esimerkiksi tarkastelemaan ajantasaisia suunnitelmia, tekemään työturvallisuus havaintoja tai erilaisia laatutarkastuksia ja raportoida niistä eteenpäin vastaaville henkilöille. Tietotekniikan kehityksen ansiosta mobiililaitteilla voidaan myös nykyään hyödyntää tietomalleja (Building Information Modeling, BIM) rakennustyömaalla. Tietomalli on rakennuksesta tehtävä kolmiulotteinen virtuaalimalli, jolla voidaan havainnollistaa rakenteita. Tietomallinnus on ollut jo useita vuosia käytössä rakennusallalla, mutta sen käyttö mobiililaitteilla on vasta alkutekijöissään [12, s. 6.]

### 1.1 Tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on aluksi selvittää haastatteluiden perusteella, mikä osa-alue REDI työmaalla tuotannonohjauksessa tarvitsee eniten tehostamista. Tarpeen selvittämisen jälkeen tutkitaan, mitä kaikkea rakennusalan mobiilisovellusmarkkinoilla on tarjolla kyseessä olevaan tarpeeseen. Tämän jälkeen valitaan joukko eri mobiilisovelluksia joiden soveltuvuus työmaalle selvitetään. Lopputuloksena otetaan käyttöön työmaalle hyviksi havaitut mobiilisovellukset.

## 2 Rakentamisen tuotannonohjaus

Tuotantoteknisen osaamisen rooli on korostunut rakennusallalla verrattuna tilanteeseen muutama vuosikymmen sitten, sillä rakennukset ovat kehittyneet huomattavasti teknisesti sekä laatu-, ympäristö-, energiatehokkuus ja työturvallisuusvaatimukset tiukentuneet.

Ajoittaessa ja yhteen sovittaessa eri urakoitsijoiden töitä, on ehdottoman tärkeää hallita työmaan tuotannonsuunnittelun tuotantomenetelmät ja -tekniikat. Tuotantotekniikan ominaisuudet ja erityispiirteet on tunnettava sekä osattava valita työkohteisiin soveltuvat työmenetelmät, työturvallisuuden varmistamiseksi työmailla.

Hyvin suunniteltu ja toteutettu työmaa tuottaa tehokkaasti ja turvallisesti laadukkaan, suunnitelmien mukaisen lopputuloksen. Tämä edellyttää kaikilta rakennushankkeen osapuolilta riittävää tuotantoteknistä osaamista [2, s. 13.]

### 2.1 Tuotannon hallinta

Rakennushankkeiden tuotannonhallinnan tarkoituksena on varmistaa hankkeen toteutus asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti. Junnoson [1, s. 7] mukaan tuotannonhallinnan tarkoituksena on:

- suunnitella keinot, joilla pystytään saavuttamaan asetetut tavoitteet ja vaatimukset
- käyttää tuotannollisia tekijöitä, eli työtä, materiaaleja ja koneita mahdollisimman taloudellisesti ja tehokkaasti
- estää ennalta poikkeamat suunnitelman mukaisesta toiminnasta
- poikkeamien ilmetessä palauttaa tuotanto suunnitelman mukaiseksi.

Tuotannonhallinta muodostuu tuotannon suunnittelusta, valvonnasta sekä ohjauksesta. Junnonen kuvaa kirjassaan hyvin tuotannonhallintaa: ”Periaatteena on, että jos asiaa ei voida valvoa, sitä ei myöskään kannata ohjata, ja jos asiaa ei voi ohjata, sitä ei kannata suunnitella”. Hankkeen toteutuksen aikana on oltava jatkuvasti selvillä, missä edetään suhteessa suunnitelmiin ja tavoitteisiin kaikkien laadittujen suunnitelmien osalta [1, s. 7.]

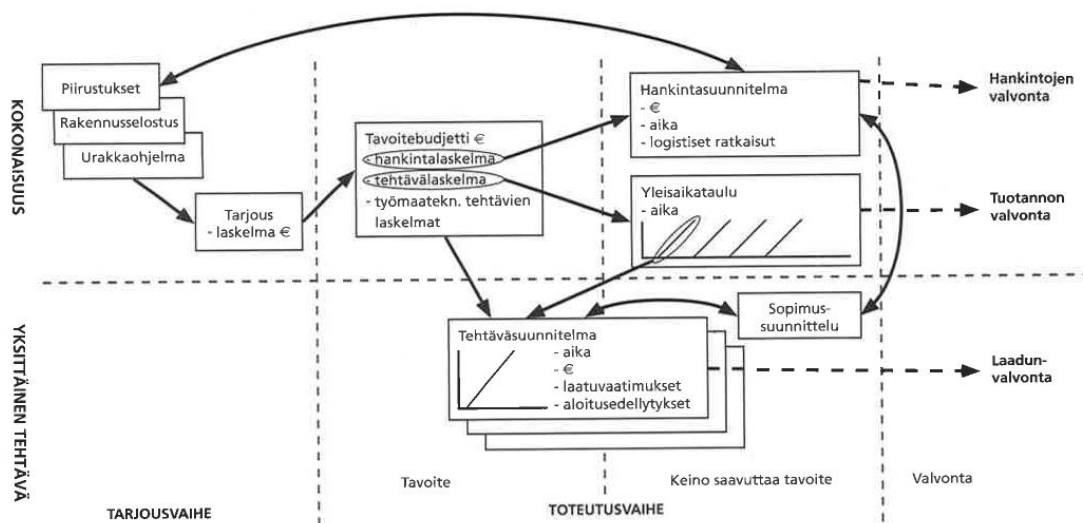


Tuotannonsuunnittelun keskeinen tehtävä on kartoittaa, mitä voidaan ja mitä pyritään tekemään tulevaisuudessa. Suunnittelulla valmistellaan tulevat päätökset. Suunnitelmien toteutuskelpoisuus on aina varmistettava, siksi valvonnan ja ohjauksen tarpeiden tulee korostua tuotannonsuunnittelussa [1, s. 7.]

Valvonta on koko työmaan elinkaaren ajan jatkuvaa toimintaa, jonka tarkoituksena on hankkia tietoa toteutuneesta tuotannosta, verrata toteutumaa suunnitelmiin ja raportoida tehdyt havainnot työmaan havainnot ohjaustoimenpiteitä varten. Ainoastaan asioita, joihin voidaan vaikuttaa, valvotaan [1, s. 7.]

Ohjauksen tarkoituksena on todeta poikkeamien syntyminen tai palauttaa tuotanto takaisin suunnitelmien mukaiseksi. Ohjaus on joko ennakoivaa tai korjaavaa. Ennakoivalla ohjauksella puututaan ongelmiin, ennen kuin ne ehtivät edes syntyä. Onnistuneen ennakoivan ohjauksen edellytyksenä on, että tulevan toiminnan ongelmat ja häiriöt sekä niiden seuraukset selvitetään järjestelmällisesti etukäteen esimerkiksi kartoittamalla potentiaaliset ongelmat. Tehdyn kartoituksen avulla ennalta ehkäistään mahdollisten ongelmien syyt tai pyritään vähentämään niiden haitallisia vaikutuksia. Korjaavalla ohjauksella suunnitelmista poikennut tuotanto palautetaan suunnitelmien mukaiseksi. Korjaavassa ohjauksessa on ehdottoman tärkeää, havaita poikkeamat riittävän nopeasti, syyt selvittää välittömästi sekä ryhtyä heti toimenpiteisiin poikkeaman korjaamiseksi. Korjaavat ohjaustoimenpiteet suunnataan poikkeamien syihin. Jatkuva valvontatiedon keräys on edellytyksenä onnistuneeseen korjaavaan ohjaukseen [1, s. 7-8.]

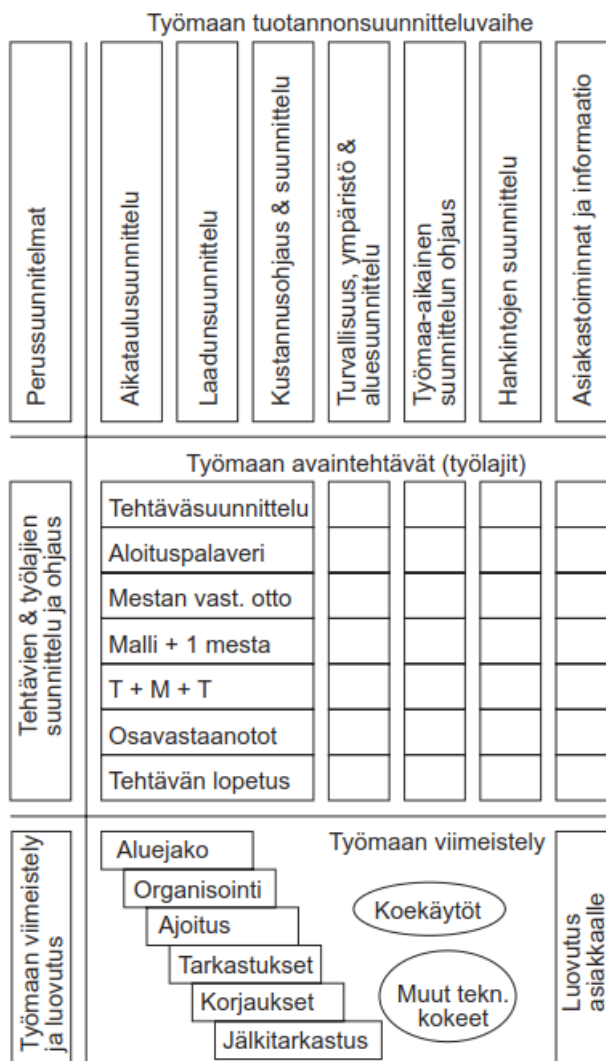
Tuotantosuunnitelmia on kahta erilaista, koko hanketta koskeviin suunnitelmiin sekä yksittäisten tehtävien suunnitelmiin (Kuva 1). Koko hanketta koskevan suunnittelun tehtävä on määrittää keinot rakennushankkeen toteutukseen mahdollisimman taloudellisesti ja sopimuksen mukaisesti. Yksittäisten tehtävien suunnitelmilla tai tehtäväsuunnitelmilla varmistetaan tuotannon edistyminen suunnitellulla tavalla. Tehtävien toteutusvastuu annetaan osakokonaisuuksista vastaaville henkilöille. Yksittäisten tehtävien tarkoituksena on varmistaa tuotannon häiriötön ja tavoitteiden mukainen eteneminen [1, s. 8.]



Kuva 1. Tuotannon ohjausjärjestelmän periaate [1, s. 8.]

Rakennushankkeen tärkein tavoite urakoitsijan näkökulmasta on taloudellisen tavoitteen saavuttaminen kustannusarvion mukaisesti. Taloudelliset tavoitteet asetetaan toteutushenkilöille hanketta varten laaditussa tavoitearviossa. Hankkeen kustannukset syntyvät panoksien hankkimisesta ja käytöstä. Täten tavoitearvio toteutuu suunnittelemalla, hankkimalla panokset suunniteltuun hintaan ja ohjaamalla panoksien käyttöä. Tämä edellyttää yleisaikataulun laadintaa. Panokset ovat hankittava ajoissa, jotta aikataulu toteutuu. Tämä varmistetaan suunnittelemalla hankintatapahtumat, siten että hankinnat tapahtuvat oikeaan aikaan, oikean laatuina ja oikean sisältöisinä [1, s. 8.]

Tuotannonhallinnan kokonaisuus muodostuu tuotannon suunnittelusta, valvonnasta ja ohjauksesta (kuva 2), joka voidaan jakaa perussuunnitelmiin, tehtävien suunnitteluun ja ohjaukseen sekä työmaan viimeistelyyn ja luovutukseen. Tehtävien yksityiskohtainen toteutussuunnittelu tehdään perussuunnitelmien perusteella, jotka ovat esitetty kuvan 2 ylimmällä rivillä [1, s. 8.]



Kuva 2. Tuotannonsuunnittelu rakentamisen eri vaiheissa [4, s. 13.]

## 2.2 Ajallinen hallinta

### 2.2.1 Aikataulun suunnittelu

Tuotannon ajallinen hallinta on tuotannonhallinnan tärkein osa-alue. Ongelmat ajallisessa hallinnassa vaikuttavat usein tuotannon laadullisiin osatekijöihin sekä kustannuksiin. Tästä johtuen tuotannonhallinnan onnistumisen edellytyksenä on ajallinen hallinta. Aikataulusuunnittelu on oleellinen osa ajallista hallintaa. Aikataulun tulee olla realistinen,

toteutuskelpoinen ja sen on täytettävä tuotannolle asetettavat tavoitteet [1, s. 11.] Keskeinen osa aikataulusuunnittelun onnistumisessa on hyödyntää kaikki käytettävissä oleva tieto hankkeen edetessä ja tarkentaa ajallista suunnittelua sen mukaan [3, s. 62.]

Aikataulusuunnittelu muodostuu seuraavista vaiheista:

- rakennushankkeen kokonaiskeston ja rakennusajan kireyden kesto
- tehollisen rakennusajan laskeminen
- kohteen jakaminen osakohteisiin
- työjärjestyksen suunnittelu ja valinta
- aikataulutehtävien muodostaminen
- tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus
- kriittisenpolun tarkastelu
- tuotantoa palvelevan aikataulun teko [1, s. 19.]

Yllä mainittujen vaiheiden järjestys voi vaihtua ja jokin vaihe jäädä kokonaan pois. Vaiheiden merkitys ja keskinäinen järjestys ovat riippuvaisia hankkeen laajuudesta ja teknisestä vaikeudesta, kokonaiskeston kireydestä sekä aliurakointiasteesta ja työvoiman käyttöperiaatteesta. Aikataulusuunnittelussa iterointi on tyypillistä, sillä usein palataan aiempiin suunnitteluvaiheisiin, kun suunnittelun edetessä paljastuu aikataulun epärealistisuus [1, s. 19; 3, s. 62.]

Aikatauluihin ja niitä vastaavaan toimintaan ohjaaminen on monivaiheinen ja moniulotteinen prosessi. Aikataulujen avulla lyödään lukkoon hankkeen kustannuksia, sopimusteknisiä asioita, laadunvarmistustoimia sekä resursseja koko hankkeen keston ajaksi. [3, s. 62.]

### 2.2.2 Aikataulun valvonta

Laadituissa aikatauluissa pysyminen vaatii niiden toteutumisen jatkuvaa valvomista. Työnaikaisella valvonnalla selvitetään, poikkeako kohteen tuotannon toteutus suunnitellusta. Valvonta on jatkuvaa toimintaa, jonka tehtävänä on:

- hankkia tietoa toteutuneesta tuotannosta
- verrata tuotannon toteutumaa suunniteltuun tuotantoon
- raportoida tehdyt havainnot työmaan johdolle ohjauspäätösten tekoa varten. [1, s. 45.]

Aikatauluvalvonnan tulee olla säännöllistä ja näkyvää. Aikataulutilannetta valvotaan valmistuneiden suoritemäärien avulla säännöllisesti ja tärkeää on merkitä tehtävän toteumatietoa alkuperäiseen aikatauluun, esimerkiksi paikka-aikakaavioon tai vinjettiin. Säännöllisen seurannan avulla voidaan reagoida mahdollisimman aikaisin havaittuun poikkeamaan, jolloin siihen voidaan vaikuttaa ja ongelmat minimoitua. [1, s. 45; 3, s. 104.]

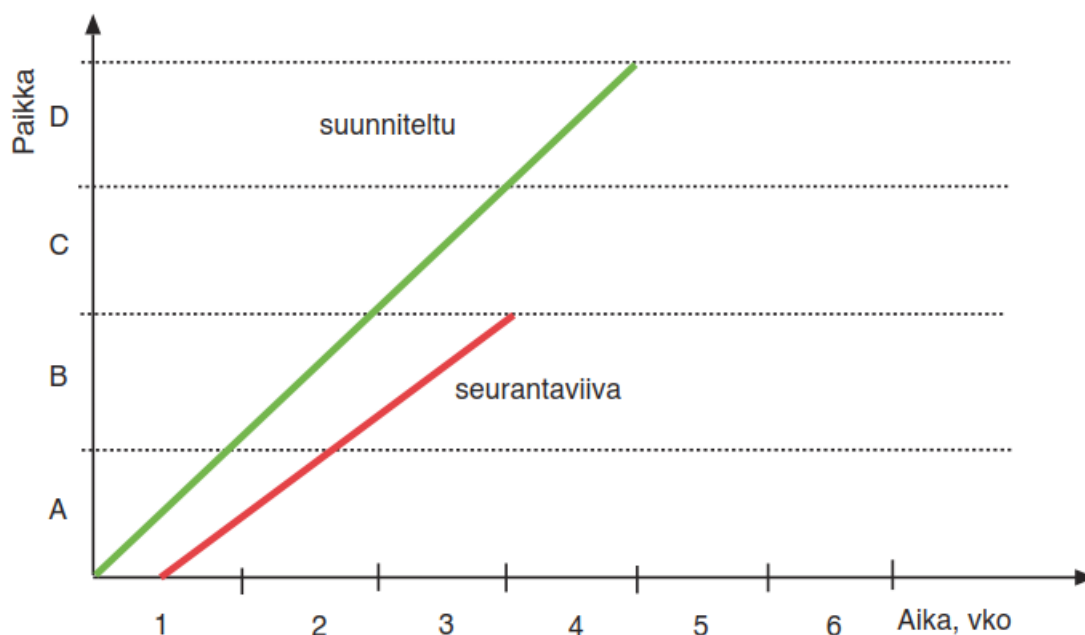
Jos työn aikana ilmenee ongelmia tai tehtävän laajuus muuttuu, voidaan aikataulun avulla selvittää muutosten vaikutus sen ajalliseen toteutumiseen ja muihin työmaan tehtäviin. Aikataulun poiketessa suunnitellusta, järjestetään ohjauspalaveri, jonka tarkoituksena on miettiä keinoja joilla saavutetaan aikataulutavoitteet. Poikkeukset voivat esimerkiksi ilmetä viivästyneestä aloituksesta tai väärästä tuotantonopeudesta. Korjaavia toimenpiteitä ovat esimerkiksi työryhmän koon tai tehtäväsisällön muutokset [3, s. 104.]

Tuotannon valvontaan on olemassa kaksi hyvin soveltuvaa tekniikkaa:

- Paikka-aikakaavioon piirretään toteumatietoa tuotannon edistymisen toteamiseksi.
- Valvontavinjettiä käytetään osoittamaan työkohteiden sitoutuminen ja vapautuminen [1, s. 45.]

Paikka-aikakaavion avulla voidaan ennustaa tehtävän eteneminen ja tehdä kiinniottosuunnitelma. Ennustaessa voidaan olettaa, että tuotanto jatkuu tähän asti toteutuneella tuotantonopeudella, jonka perusteella voidaan osoittaa tilanne, johon päädytään ilman

ohjaustoimenpiteitä. Kiinniottosuunnitelmalla puolestaan määritetään tarvittavat ohjaustoimenpiteet, joilla tuotanto saadaan palautettua suunniteltuun aikatauluun [1, s. 47.]



Kuva 3. Paikka-aikakaavio [3, s. 121.]

Valvontavinjeteillä valvotaan työkohteiden sitoutumista ja vapautumista, jossa on esitetty aikataulutehtävien suunniteltu aloitus- ja päättymisviikko, valmistumisviikko ja eri työvaiheiden eteneminen. Valvontavinjettiin vihreällä on merkattu kunnossa olevat osakohteet, keskeneräiset on korostettu keltaisella ja myöhässä olevat punaisella. Työvaiheiden suunnitellut aloitus- ja lopetusviikot saadaan paikka-aikakaaviosta ja tarvittaessa jana-muotoisesta yleisaikataulusta [1, s. 49–50.]

VALVONTAVINJETTI vko 35							Esimerkkikohde, työ 12345					
MERKINNÄT:		<div>X/X X Työtä ei aloitettu (aloitusviikko/lopetusviikko/valmistusviikko)</div> <div>••••• Työvaihe on käynnissä</div> <div>••••• Työvaihe on valmis</div> <div>••••• Työvaihetta ei ole ko. mestalla</div>					<div>X/X X Työvaihe on käynnissä mutta myöhässä</div> <div>X/X X Töitä ei aloitettu, myöhässä</div>					
LOHKO	KRS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	4	15/18 18	22/24 24	23/34 29	24/35 35	37/39	39/41	31/32	37/38	31/33	42/44	
	3	12/15 16	20/22 23	31/32 27	32/33 33	35/37	36/38	29/30	35/36	29/31	40/42	
	2	9/12 13	15/17 18	25/26 25	26/31 25	33/35	33/36	27/28 31	33/34	27/29	38/40	
	1	TOT 13	12/13 13	22/24 28	24/25 26	31/33	31/33	25/26 30	31/32 34	25/27	36/38	
	P	TOT		11/12 12			30/31	15/18 18	29/31	23/25		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		Runkoelementit	Pintabetonilattiat	Väliseinien kiinteät otsat	Jäähdytysrungot	IV-runko-/haara-asennus	Väliseinämuuraus	Sprinklerirungot	Lämpöjohdot	Levyväliseinät	Kaapeliyhdyt	jne.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Kuva 4. Esimerkki valvontavinjetistä [1, s. 49.]

### 2.2.3 Tuotannonohjaus

Tyypillisesti rakentamisessa tuotanto ei etene tasaisesti. Tuotannonohjauksessa tulee siksi seurata työn todellista tilannetta ja pyrkiä ennakoimaan mahdollisia tulevia ongelmia. Tuotannon ohjauksen tarkoituksena on:

- ehkäistä ennalta poikkeamat suunnitelman mukaisesta toiminnasta
- poikkeamien ilmetessä palauttaa tuotannon suunnitelman mukaiseksi [3, s. 95; 1, s. 51.]

Jatkuvan työnaikaisen ohjauksen tarkoituksena on pyrkiä estämään tuotannon poikkeaminen suunnitellusta ja palauttamaan poikennut tuotanto suunnitelmien mukaiseksi. Tuotannonohjaus edellyttää valvontaa, joka on tiedon keruuta toteutuneesta tuotannosta

ja sen vertaamista suunniteltuun. Jos suunnitellun ja toteutuneen tuotannon välille syntyy eroja, on välittömästi selvitettävä syyt ja vaikutukset edeltävään sekä seuraavaan tehtävään, koko tuotantoon ja työvoiman käyttöön sekä kaluston tarpeeseen. Vaikutukset ennustetaan olettaen, että tuotanto jatkuu viimeisten valvontajaksojen mukaisena [5, s. 35; 1, s. 51.]

Tuotannonohjausta on kahta tyyppiä, ennakoivaa ohjausta ja varsinaisia ohjaustoimenpiteitä. Ennakoivan ohjauksen tarkoitus on ennalta systemaattisesti selvittää tulevan toiminnan ongelmat ja häiriöt sekä niiden seuraukset. Tätä menettelyä kutsutaan potentiaalisten ongelmien analyysiksi (POA-taulukko, kuva 5). Ennakointi muodostuu seuraavasta päättelyketjusta:

- Mitä ei-suotavia tapahtumia tuotannossa voi esiintyä?
- Mikä on ei-suotavan tapahtuman syy, mitä siitä seuraa ja kuinka merkittäviä seuraukset siitä on tuotannolle?
- Mikä on ongelman merkitys tuotannon häiriöttömyydelle?
- Millä toimenpiteillä ongelman syy voidaan torjua ennalta?
- Miten ongelmien seurauksiin tulee varautua vaikutusten minimoimiseksi ja mikä käynnistää varautumistoimenpiteen? [1, s. 51; 5, s. 36.]

ELEMENTTITOIMITUS				ongelmiin varautuminen pv: 10.9.1993 laatija: TSä		
ongelma	seuraus	luultavuus	ongelman torjunta	vastuu toimenpiteistä	seurauksiin varautuminen	hälytint
eri elementtien tiilisaumat poikkeavat toisistaan	- korjauksia - aikatauluhäiriöitä	suuri	hankintasopimuslauseet - korjauskustannus - tarkistusvelvoite	hankintamies JJ		*
sisäseinien asemassa virheitä	- korjauksia - yllätyksiä muissa töissä - hankintavirheitä seuraavissa töissä	suuri	laatuپییرissä mittaussuunnitelma	runkomestari JV	rungon ja seinien itselleluovutus tiloittain	*

Kuva 5. Potentiaalisten ongelmien analyysi taulukko [5, s. 36.]



Potentiaalisten ongelmien selvittyä, luokitellaan ne vaikutuksen mukaan. Osa löydettävistä ongelmista on karsittava, koska kaikkiin tilanteisiin on mahdoton varautua. Vakaavuuden lisäksi toinen tärkeä tekijä on potentiaalisten ongelmien toteutumisen todennäköisyys. Todennäköiset potentiaaliset ongelmat tulee karsia taulukosta pois. Rakennus- alalle on ominaista, että hankintojen ja tuotesuunnitelmien viivästymisen todennäköisyys on hyvin suuri. [1, s. 51; 5, s. 36.]

Kun ongelmat on luokiteltu, etsitään ja tunnistetaan niiden syyt. Nykyisen ja aikaisempien tilanteiden analysointi sekä kokemus auttavat potentiaalisten ongelmien syiden arvioinnissa. Potentiaalisten ongelmien suhteen ryhdytään toimenpiteisiin jotka kohdistuvat joko syihin tai seurauksiin:

- Syitä vastaan kohdistettu toiminta vähentää ongelman syntymisen todennäköisyyttä
- Seurauksia vastaan kohdistettu toiminta vähentää seurausten merkitystä. [5, s. 36–37.]

Potentiaalisten ongelmien analyysissä uudelleenarviointi on tärkeää toimenpiteiden ja kustannusten välisen optimoinnin takia. Päähuomio on kiinnitettävä mahdollisiin sekä kustannusten että hyödyn suhteen optimoituihin toimenpiteisiin, sillä on mahdotonta aikaansaada täysin varmistettu tilanne. Toimenpiteiden osalta joudutaan tällöin usein valitsemaan kohdistetaanko toiminta syihin vai seurauksiin. [1, s. 52; 5, s. 36–37.]

Tuotantoa korjataan varsinaisilla ohjaustoimenpiteillä, kun tuotannossa ilmenee poikkeamia. Poikkeamien syyt selvitetään valvontatiedoista pääättelemällä, havainnoimalla työmaalla tai kyselemällä työnjohdolta. Kiinniottosuunnitelmalla, joka laaditaan projektin työnjohdon palaverissa, urakoitsijakokouksissa tai laatukokouksissa, korjataan poikkeamat. Korjaavat ohjaustoimenpiteet kohdistetaan poikkeaman syihin. Junnosen [1, s. 52–53] mukaan ohjauksessa voidaan käyttää muun muassa seuraavia toimenpiteitä:

- työkunnan koko säädetään suunnitelman mukaiseksi
- tehtävän mitoitus korjataan
- tehtävän sisältö muutetaan
- liian nopea tehtävä toteutetaan epäjatkuvana

- käynnistetään toimitusten tarkennettu valvonta
- hankitaan tai muutetaan työssä tarvittavia välineitä
- tehostetaan työnjärjestelyä
- muutetaan työmenetelmiä. [1, s. 52–53.]

## 2.3 Laadunhallinta

### 2.3.1 Laadunhallinnan tavoitteet ja keinot

Laadunhallinnan tarkoituksena on varmistaa rakennuttajan asettamien laadullisten vaatimusten toteutuminen. Laatuvaatimukset koskevat työmaalla noudatettavia toimintatapoja, valmiin rakennuksen materiaaleja sekä työn lopputulosta [1, s. 55.]

Laatuvaatimusten täytyminen varmistetaan laadunvarmistuksella. Se alkaa laadunvarmistuksen suunnittelusta ja päättyy rakennuksen käyttöön. Siihen kuuluvat seuraavat tehtävät:

- laadunvarmistustoimenpiteiden selvittäminen
- suoritettujen laadunvarmistustoimenpiteiden ymmärtämisen varmistaminen
- laaduntarkastusten suorittaminen
- laatuvirheiden kirjaaminen ja syiden selvittäminen
- laatudokumenttien keräys, analysointi ja käyttö. [1, s. 55–57.]

Laadunvarmistuksen tarkoituksena on myös varmistua siitä, että hankkeen laatuvaatimukset ja muu informaatio kulkevat moitteettomasti ja systemaattisesti kaikkien hankkeen osapuolten välillä. Laadunvarmistuksen toimiessa oikein, osapuolten vastuut ja velvollisuudet ovat selkeät sekä tehdyt päätökset arkistoituvat systemaattisesti palvelemaan korjaavaa toimintaa [1, s. 57–58.]

Rakennustyön laadun ollessa hyvää, rakennuttajan on huolehdittava siitä, että hänen vastuullaan olevat laaduntuottoedellytykset ovat olemassa. Urakoitsija vastaa työn toteuttamisesta vaatimusten mukaisena. Junnosen [1, s. 58] mukaan laaduntuoton edellytyksiin kuuluu, että:

- rakennuttajan täytyy täyttää omat myötävaikutusvelvollisuutensa
- urakoitsija saa suunnittelijoilta suunnitelmat oikea-aikaisesti
- työmaalle toimitetut suunnitelmat ovat tarkistettu ja eri suunnitelmien yhteensopivuus varmistettu
- rakennuttajan vastuulla olevat rakennustavarat toimitetaan ajoissa. [1, s. 58.]

### 2.3.2 Laadunhallinnan suunnittelu

Työmaan laatusuunnitelman tehtävänä on toimia rakennushankkeen laatujohtamisen käytännön työvälineenä. Laatusuunnitelmaa laatiessa otetaan huomioon hankkeen erityispiirteet, jotta hankkeen asiakkaan tarpeet ja vaatimukset saadaan toteutettua tehokkaasti. Sen toinen tavoite on varmistaa hankkeelle laatuvaatimusten täyttyminen [1, s. 59.]

Laatusuunnitelman ensisijainen tarkoitus on kuitenkin kunkin osapuolen oman toiminnan tehostaminen ja asioiden hoidon sujuvuuden varmistaminen. Yhteistyön kannalta on kaikkien eduksi, että kaikki rakennushankkeen tahot tuntevat toistensa tavat ja noudattavat olennaisten asioiden hoidossa samoja periaatteita [1, s. 59–60.]

Laatuvaatimukset on selvitettävä ennen laatusuunnitelman laatimista. Ne on esitetty rakennusselostuksista, piirustuksista sekä työselostuksista. Rakennusselostukseen on kuvattu laatutaso ja piirustuksissa esitetty rakenteiden mittoihin, sijaintiin ja toleransseihin liittyvät asiat. Työselostuksessa on kuvattu suorituksen laatu. Vaatimukset ovat joko yleisiä laatuvaatimuksia taikka kohdekohtaisia vaatimuksia. Vaatimusten kohteena ovat:

- rakennuksen tai rakennusosan sijainti ja mitat sekä niiden toleranssit
- käytettävien materiaalien, tarvikkeiden ja rakennusosien ominaisuudet
- työn lopputuloksen visuaalinen laatu (mallinmukaisuus)

- liitokset ja yksityiskohdat sekä rakenteet. [1, s. 63.]

Rakennusurakkana laatu määritetään yleensä sovittavaksi ja tarkastettavaksi mallityön avulla. Jos asiakirjoissa on työlle esitetty vaatimukseksi sekä mallityön hyväksyminen että ulkonäköön liittyviä määrityksiä, arvostellaan mallityö ko. vaatimusten mukaan. Mallin hyväksymisen jälkeen muita urakan työkohteita arvostellaan vertaamalla hyväksytyyn mallityöhön. Urakkasopimuksessa on määriteltävä, kenellä on oikeus hyväksyä mallityö, jotta erimielisyyksiltä välttyttäisiin. Hyväksytyt mallit kirjataan työmaapäiväkirjaan ja hyväksyntä todetaan työmaakokouksissa. Kun laatuvaatimus on tunnistettu, on suunniteltava ja valittava keinot, joilla varmistetaan halutun laatuominaisuuden toteutuminen [1, s. 64–65.]

### 2.3.3 Laadunvarmistustoimenpiteet

Rakentamisen yleinen ohjaus perustuu lain, asetuksen ja rakentamismääräysten tasoihin säännöksiin. Laissa ja asetuksessa on määritelty rakentamista koskevat vaatimukset, joiden tarkoituksena on varmistaa rakentamiselta edellytetty vähimmäistaso. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on näitä koskevat tarkemmat tekniset määräykset. Maankäyttö- ja rakennuslain edellyttää, että rakennustyö on tehtävä siten, että se täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset [1, s. 67; 6.]

**Laatuvaatimukset****1. Nurmialueet**

- alusta lasataan ja muotoillaan siten, ettei alustassa ole vettä kerääviä alueita
- lätytöt hiekalla
- kasvualusta
  - tiivistetty pello- tai seosmulla
    - paksuus 20 cm ± 5 cm
  - rakeisuuskyäriä liite 1, Savi- ja hiesualueilla lisätään 25 % hiekkaa
  - ravinnearvol liite 2
- kasvualustan reunat suorat ja pinta 5 cm korkeammalla kuin liikennealueen pinta
- kasvualusta rajataan kivituhkapintaisista liikennealueista kestopuureunalla
- rakennuksesta nurmialue erotetaan 400 mm levyisellä kaistalla (# 16...32 mm) kestopuureunalla, kallistus 5 cm/m
- pinnassa ei vettä kerääviä painanteita
- siemenseos
  - pihanurmi tai vastaava 2 - 3 kg/a
- rinnealueella
  - kasvualustassa 600\*600 lautaruudutus
  - siirtoturmi

**2. Puut**

- istutuskuoppa
  - ei vettä keräävä
  - kaivannon syvyys siten, että multavara 800 mm ja halkaisija 1000 mm, louhealueilla multavara 1500 mm ja halkaisija 1800 mm
  - kasvualusta kuten nurmialueilla
- laimet
  - xx kpl koivu 6 - 10 cm kolimaisla alkuperää
  - xx kpl pihlaja 8 - 10 cm kolimaisla alkuperää
- istutus
  - multa tiivistetään ja n. 50 % oksistosta typistetään istutuksen yhteydessä
  - laimet luetaan lukiselpäisiin liitteen 3 mukaisesti
  - istutus ennen 10.6

**3. Pensaat**

- istutuskuoppa
  - ei vettä kerääviä, tarvittaessa kuoppaa jatketaan
  - syvyys 400 mm
- laimet
  - xx kpl norjatangervu, paljasjuurinen
- istutus
  - xx kpl/m2 istutuskaavion mukaisesti (liite 4)
  - istutus ennen 10.6
  - pintaan 5 cm maatonulla kuorihumusta, reunat suorat, 400 mm laimista
  - kuorihumus luokka I (luore lyhyt mänty tai kuusikuorta)

**Vihertyön työsuorituksen tarkastuskortti ja työn aikana syntyvät asiakirjat****1. Alusta**

- ei vettä kerääviä painanteita
- kallistukset rakennuksesta pois päin
- istutuskuopat merkitty
- istutuskuopat oikean syvyyksiä ja kokoisia
- kerrosvarat otettu huomioon
- 1:2 luiskien lautaristikot
- reunalaudat paikoillaan
  - seinän vierä (400 mm seinästä)
- kivituhka-alueet
- muut kuten sovitut (liikennealueet)

**2. Pintarakenteet**

- seinän viera sepeli 5 cm/m
- nurmialueilla ei vettä kerääviä painanteita
- kivituhkaiset tiet 1:50 - 1:12,5
- asfalttipintaiset tiet 1:70 - 1:12,5
- pintavesien poisjohtaminen varmistettu
  - asfalttilautapainanne
  - betonikourut
  - loiskekupit

**3. Työsuoritukset**

- jyräykset
- multa
- liikennealueet
- pensaiden alla ei nurmikyivöä
- siemenmenekki 2 - 3 kg/a
- puut pystysuorassa ja luettu oikein
- laimien juuret eivät ole päässeet kuivumaan
- hiekkalaatikko täytetty
- pensaiden alle kuorikerros
- kastelet aloitettu
- puiden ja pensaiden loikkaukset tehty

**Työn aikana syntyvät asiakirjat**

- pohjatarkastuksesta merkintä työmaapäiväkirjaan
- pintatarkastuksesta merkintä työmaapäiväkirjaan
- kasvialustan paksuus todetaan tarkastuksessa lapiokokeilla tilaajan osoittamista paikoista
  - merkitään työmaapäiväkirjaan
- materiaalien ja laimien toimittajien luoteselosteet
  - kasvialusta (multa)
  - sepeli
  - hiekka
- siemenistä valtion siementarkastuslaitoksen tarkastuslupake
- luovutetaan tilaajalle

Kuva 6 Esimerkki laatuvaatimusten auki kirjoittamisesta [1, s. 64.]

Maankäyttö- ja rakennuslaki asettaa määräyksiä rakennushankkeeseen ryhtyvälle, sitä suunnitteleville sekä urakoitsijoille. Rakennushankkeeseen ryhtyvälle asetetaan laissa erityinen huolehtimisvelvollisuus, jonka mukaan rakennuttajan on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn rakennusluvan mukaisesti. Huolehtimisvelvollisuuteen kuuluvat rakennustyön valvonta sekä työtuloksen tarkastaminen ja todentaminen samoin kuin käytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden toteaminen. Lisäksi rakennushankkeeseen ryhtyvällä on oltava käytössään pätevä henkilöstö hankkeen vaativuus huomioiden. Henkilöstön pätevyys arvioidaan koulutuksen ja kokemuksen perusteella [1, s. 67.]

Junnosen [1, s. 67] mukaan tärkeimmät viranomaisten edellyttämät laadunvarmistukseen liittyvät toimenpiteet ovat:

- aloituskokous
- rakennustyön tarkastusasiakirja
- laadunvarmistus selvitys. [1, s. 67.]



Kuva 7, Urakoitsijan laadunvarmistuksen keinot [1, s. 72.]

Urakoitsija laadunvarmistustoimenpiteet luokitellaan koko työmaata koskeviin laadunvarmistustoimenpiteisiin tai yksittäistä tehtävää koskeviin laadunvarmistustoimenpiteisiin. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot edellyttävät vaadittaessa urakoitsijaa esittämään kirjallisesti laadunvarmistuksensa. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot edellyttävät lisäksi urakoitsijan laadunvalvontaa. Laadunvalvonnan keinoja ovat erilaiset mittaukset, tarkastukset ja katselmukset. Laadunvarmistustoimenpiteet on kohdistettava sellaisiin työvaiheisiin, joissa usein esiintyy laatuvirheitä. [1, s. 72.]

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot antavat laadunvalvonnan osalta seuraavia määrittelyksiä:

1. Urakoitsija tarkastaa itse suoritusvelvollisuuteensa kuuluvan työn laadun sekä korjaa mahdolliset puutteet ja virheet ennen tilaajalle tapahtuvaa luovutusta.
2. Urakoitsijan on ilmoitettava tilaajan edustajalle havaitsemistaan vakavista virheistä urakkasuorituksessaan ja toimenpiteistään niiden korjaamiseksi.
3. Rakennustavaroiden ja rakennusosien tarkastuksen tulee tapahtua ennen kuin niitä on alettu käyttää sekä jatkuvasti työn aikana. Järjestelmien ja lait-

teistojen toiminnalliset tarkastukset suoritetaan käyttökokein ennen käyttöönottoa tai viimeistään vastaanottotarkastuksen yhteydessä järjestelmän ollessa valmis ja toiminnassa.

4. Urakoitsija kustantaa sellaiset rakennustavaroiden ja rakennusosien sekä työn laadun toteamiseksi tarpeelliset kokeet, jotka on erikseen sopimusasiakirjoissa mainittu, jotka rakentamista koskevien säännösten ja normien mukaan säännöllisesti on otettava tai jotka on katsottava tavanmukaisiksi.
5. Sopimuksen vastaiset rakennustavaransa urakoitsijan tulee viipymättä poistaa rakennustyömaalta.
6. Tilaajalla on oikeus perustellusta syystä vaatia suoritettavaksi muitakin kuin edellä tarkoitettuja kokeita sekä laitteistojen ja järjestelmien puolueettomia testejä. Urakoitsijalla on vastaava oikeus vaatia puolueettoman testin suorittamista, jos tilaaja vaatii perusteetta työsuorituksen korjaamista virheellisenä. Näistä kokeista tai testeistä aiheutuvista kustannuksista vastaa urakoitsija, jos työn tulos ei ole ollut sopimuksen mukainen, muussa tapauksessa niistä vastaa tilaaja. [7.]

Kun urakoitsijan ensimmäinen työkohte on valmistunut, tarkastetaan se. Ensimmäisen työkohteen tarkastamisen tarkoituksena on varmistaa, että laatuvaatimukset ovat ymmärretty oikein ja että tehty työ täyttää ko. vaatimukset. Jos työkohteessa ilmenee virheitä, sovitaan miten virhe korjataan ennen seuraavaan työkohteeseen siirtymistä sekä määritellään miten jatkossa menetellään. Tällä tavoin estetään laatuvirheiden toistuminen seuraavissa työkohteissa [1, s. 77.]

Urakkasuoritusten sopimuksenmukaisuus sekä peittyvien työvaiheiden tarkastaminen varmistetaan pitämällä tarkastuksia työn edetessä. Työ- ja osakohteittain tapahtuvat tarkastukset tehdään työlajeittain. Tällä tavoin urakoitsija itse varmistuu työnsä suunnitelmanmukaisuudesta sekä dokumentoi tekemänsä tarkastuksen yhteisesti sovitulla tavalla. Osapuolet usein sopivat keskenään työkohtejaon, joka voi olla esimerkiksi asunnoittain, rakennuksittain, julkisivuittain, jne. Dokumentoinnissa usein käytetään eri työlajeille laadittuja tarkastuslistoja (kuva 6) tai esimerkiksi pohjakuviin merkitään tarkastettu alue ja tarkastetut asiat tai valokuvia. [1, s. 77.]

**Vesikaton vedeneristysten  
laadunvarmistus**
**Aloituspäivä**

suunnitelmat	huomaa
suunnitelma-asiakirjat	<input type="checkbox"/>
tuotekohtaiset ohjeet	<input type="checkbox"/>
varastointi työmaalla	<input type="checkbox"/>
työn laatuvaatimukset	<input type="checkbox"/>
työn laadunvarmistus	<input type="checkbox"/>
työkohteen väliaikainen suojaus	<input type="checkbox"/>
työn aikataulu, liittyminen muihin töihin	<input type="checkbox"/>
nostot, siirrot, reitit	<input type="checkbox"/>
<b>materiaalit ja kalusto</b>	
kermit, kiinnitystarvikkeet	<input type="checkbox"/>
kalusto, työvälineet	<input type="checkbox"/>
alkusammutuskalusto	<input type="checkbox"/>
jätteiden käsittely	<input type="checkbox"/>
<b>työturvallisuus (Raturva, 63 Vedeneristys)</b>	
tulityöluvat, tulityövalvonta	<input type="checkbox"/>
putoamissuojaukset	<input type="checkbox"/>
nostolaitte-, teline- ja kaidetarkastukset	<input type="checkbox"/>
henkilökohtaiset suojaimet	<input type="checkbox"/>
bitumipata: kunto, turvaetäisyydet	<input type="checkbox"/>
opastus ja ohjeet	<input type="checkbox"/>
ensiapu työmaalla	<input type="checkbox"/>
sääolosuhteet	<input type="checkbox"/>
<b>muut asiat</b>	

**Kohde**
**Mallityön / Ensimmäisen osakohteen tarkastus**

työn laatuvaatimukset	hankekohtainen vaatimus
suunnitelmien mukaiset materiaalit	<input type="checkbox"/>
työmenetelmä	<input type="checkbox"/>
<b>mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset</b>	
kermien suunta	<input type="checkbox"/>
kuvion symmetrisyys	<input type="checkbox"/>
saumojen suoruus	<input type="checkbox"/>
tartunta alustaan	<input type="checkbox"/>
kermien liitys	<input type="checkbox"/>
katteen tiiviyys	<input type="checkbox"/>
ylösnostot	<input type="checkbox"/>
läpivientien tiivistys	<input type="checkbox"/>
erityiskohdat	<input type="checkbox"/>
kolmiorimojen väli	<input type="checkbox"/>
<b>kohde työn jälkeen</b>	
siivous	<input type="checkbox"/>
jätteiden lajittelu	<input type="checkbox"/>
<b>muut asiat</b>	
soveltuvat kiinnikkeet	<input type="checkbox"/>

**Mestän vastaanotto**

	hankekohtainen vaatimus	osakohde puutteet	ok	osakohde puutteet	ok	osakohde puutteet	ok	osakohde puutteet	ok
edellisten työvaiheiden valmius	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
alustan tasaisuus	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
alustan kosteus	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
alustan puhtaus	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
alustan jäykkyys	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
aluskatteen kaltevuus	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
alustan läpäisevien rak. kiinnitys	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
<b>muut asiat</b>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

**Osakohteen tarkastus**

	hankekohtainen vaatimus	osakohde puutteet	ok	osakohde puutteet	ok	osakohde puutteet	ok	osakohde puutteet	ok
suunnitelmien mukaiset materiaalit	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
kermien suoruus	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
kermien suunta	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
kermien liitykset	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
tartunta alustaan	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
ylösnostot	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
erityiskohdat	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
suojaus	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
työkohteen siisteys	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
jätteiden lajittelu	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
<b>muut asiat</b>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Kuva 8, Vesikaton vedeneristysten tarkistuslista [4, s. 219.]

Urakoitsijan luovutusvaiheen menettelyihin sisältyy Junnosen mukaan useita erilaisia laadunvarmistukseen liittyviä osasuorituksia, joita ovat mm.:

- luovutusvalmiuden toteaminen eli itselleluovutus
- toimintakokeet ja säädöt



- käytön opastus
- rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeet sekä muun luovutusaineiston kokoaminen. [1, s. 79.]

Näiden osasuoritusten lisäksi osapuolet tarkastavat yhdessä rakennussuoritusten laadun vastaanottotarkastuksessa tai sitä ennen suoritettavassa ennakkotarkastuksessa ja viranomaiset toteavat rakennuksen viranomaisvaatimuksien täyttymisen viranomaistarkastuksissa [1, s. 79.]

### 3 Tietomallit

Perinteisesti rakennussuunnittelu on esitetty piirustuksilla kaksiulotteisesti. Tietomalli on rakennuksen tai infrakohteen ja sen rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kolmiulotteinen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Sen tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tietoa pystytään hyödyntämään mahdollisimman helposti. Kukin yksittäinen tieto tallennetaan yhteen kertaan ja sitä voi hyödyntää kaikki hankkeen osapuolet aina ylläpitoon saakka. [8, 9.] Tietomallit mahdollistavat mm:

- Investointipäätösten tuki vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten
- Suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen
- Laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen
- Rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa. [8.]

Perinteiseen dokumenttipohjaiseen toimintatapaan verrattuna hankkeen tiedot eivät ole levällään eri piirustuksissa ja raporteissa vaan mallissa, josta voidaan tulostaa aina tarvittavat dokumentit. Malli varmistaa itsessään sen, että tulostetut dokumentit ovat keskenään ristiriidattomia. Eri suunnittelualajoen mallien yhteensovitus varmistetaan yhdistämällä kaikki osamallit yhdistelmämalliksi. Tietomallien tuottamiseen on olemassa eri suunnitteluohjelmia, jonka vuoksi eri ohjelmien väliseen objektien älykkääseen tiedonsiirtoon on sovittu yhteinen siirtomuoto. Talonrakennuksessa tähän on kehitetty IFC –

formaatti, joka pitää sisällään tiedon rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista. Infra-puolella tiedonsiirtoon käytetään LandXML-formaattia [8.]

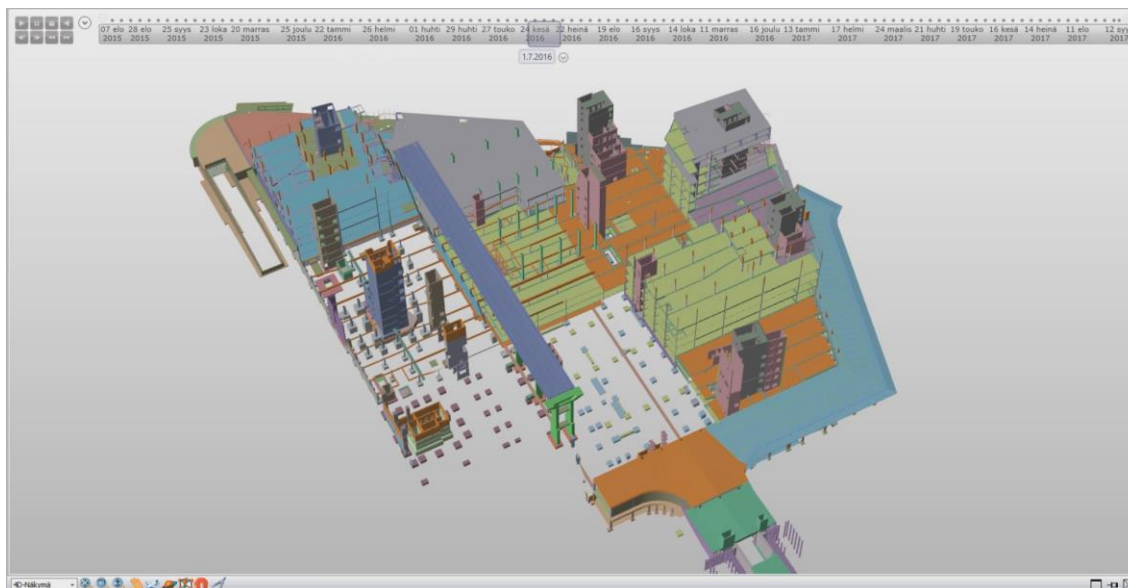
Tietomalliin voidaan myös syöttää tietoa mm. aikataulusta, hinnoista ja hankinnoista. Näiden tietojen avulla esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosessit pystyvät hyödyntämään tietomallin tietoja prosessinhallinnassa [8.]

Tietomalleja käytetään pääsääntöisesti pöytätietokoneella, mutta nykYTEknologia on mahdollistanut tietomallien käytön myös mobiililaitteilla. Taulutietokoneella tai älypuhelimella tietomallin käyttö vaatii sorminäppäryyttä ja totuttelua. Hiirellä ja näppäimistöllä mallin käyttö on sujuvampaa ja ketterää. Rakennusalalla on olemassa lukuisia eri mobiilisovelluksia tietomallien käyttöön.

### 3.1 Lisää ulottuvuuksia

Tietomalleilla rakennuksen tai infrakohteen tieto esitetään kolmiulotteisesti, vaaka-, pysty- ja syvyysuunnassa. Lisäämällä malliin tietoja esimerkiksi kustannuksista tai aikataulusta, pystytään tietoa esittämään neljässä tai jopa viidessä ulottuvuudessa. Tietomallilla ei siis esitetä pelkkää geometriaa, vaan se pitää sisällään myös tilasuhteita, paikatietoja sekä objektien määrä- ja ominaisuustietoja [10.]

Tietomallia rakentaessa, voidaan eri objekteille syöttää aikataulutietoja. Lopputuloksena saadaan 4D-tietomalli, jolla voidaan tehdä aikataulusimulointeja hankkeesta. Aikataulusimulointi voidaan esittää esimerkiksi videona tai kuvaesityksenä.



Kuva 9, Vico Office:n 4D-aikataulusimulaatio Kauppakeskus REDI:stä.

#### 4 REDI-työmaa

REDI-hanke sijaitsee Sörnäisten kaupunginosassa Kalasataman metroaseman kohdalla Itäväylän molemmin puolin. REDI-hankkeessa rakennetaan mm. kauppakeskus pysäköintilaitoksineen, kahdeksan tornitaloa, kaupungin Terveys- ja hyvinvointikeskus, sähkönsyöttöasema sekä maan-alainen autopaikoitusluolasto. Lisäksi alueelle rakennetaan katuja, siltoja ja puistoja. Maanpäällisien kerrosten rakennusoikeuskerrosala on noin 190 000 m<sup>2</sup> ja rakennusoikeuteen laskematonta tiloja noin 105 000 m<sup>2</sup>. Hankkeen KVR-urakoitsijana toimii SRV Rakennus Oy ja sen kokonaisrakennusaika on 2011 – 2022. KVR-urakoinnissa korostuu erityisesti suunnittelunohjauksen sekä aikataulutuksen merkitys.

Työmaalla SRV:llä omia toimihenkilöitä on noin 40. Hankkeessa on lisäksi runsas määrä muita osapuolia suunnittelijoista urakoitsijoihin. Urakoitsijoiden työntekijöitä hankkeessa opinnäytetyön aikaan oli noin 800 kpl. Työmaan koko asettaa haasteita uusien työkalujen käyttöönotossa.

REDI-hanke on alkanut vuonna 2011, jolloin SRV on määritellyt ja suunnitellut työmaalla käytettävät työkalut. Uusien työkalujen käyttöönotto, kun vanhaa tapaa on käytetty kuusi vuotta, on haasteellista. Työkalujen käyttö pitäisi joko aloittaa heti hankkeen alusta tai käyttäjän aloitteesta, jotta se olisi luontevaa.

#### 4.1 Haastattelut

Haastatteluiden tavoitteena oli kartoittaa mitkä osa-alueet työmaan tuotannonohjauksessa tarvitsevat eniten tehostamista. Kaikki haastatellut henkilöt olivat usean vuoden SRV:llä työskennelleitä toimihenkilöitä, työmaapäälliköistä työnjohtajiin. Työmaapäälliköllä oli satunnaisessa käytössä tablettitietokone, jota hän käytti enimmäkseen projektipankin selailuun ja suunnitelmien tarkastelemiseen. Projekti-insinööri hyödynsi tablettiin pääasiallisesti toteumatiedon seurantaan sekä projektipankin käyttöön. Työnjohtajat käyttivät taulutietokonettaan enimmäkseen erilaisten laatutarkastuksen dokumentointiin sekä projektipankin käyttöön.

#### 4.2 Työmaan tarve

Haastatelluilta tuli monia ehdotuksia ja näkemyksiä työmaan tuotannonohjaukseen. Pääasiallisesti tuli esiin kuitenkin tarve selkeämmälle ja yhtenäiselle laatudokumentoinnille, suunnittelun ohjaukseen sekä toteuman seurannan tehostaminen. Projektipankin vaikeakäyttöisestä käyttöliittymästä tuli myös mainintaa. Taulutietokoneet nähtiin enemmän leikkikaluina kuin työvälineinä.

Laatudokumentointi on olennaisena osana eri työvaiheiden laadunvarmistusta. Haastatteluissa painotettiin nimenomaan työmaalla tehtäviä laatutarkastuksia ja pöytäkirjoja, kuten esimerkiksi raudoitustarkastuksia tai betonointipöytäkirjoja. Työnjohtajille tarvittiin selkeä näkemys siitä mitä laatudokumentteja on tietystä työvaiheesta laadittava. Opin näytetyön aikana yksi työnjohtaja noin kahdestakymmenestä laati laatudokumenttinsa Congridin mobiilisovellusta hyödyntäen. Muut työnjohtajat laativat laatudokumentoinnin perinteisesti kynällä ja paperilla valmiita pohjia käyttäen. Laatudokumentointia varten markkinoilla on tarjolla useita eri mobiilityökaluja.

Suunnittelunohjaus on keskeisessä roolissa KVR-urakassa. Sen onnistuminen tai epäonnistuminen heijastuu aikatauluun, laatuun ja kustannuksiin. Suunnittelunohjaukseen ei työn kartoituksessa löytynyt SRV:tä kiinnostavia mobiilityökaluja.

Haastatteluissa kolmantena tarpeena tuli esiin eri työvaiheiden toteumatiedon seuranta. Toteumatiedon merkitys on suuri aikataulutuksen ja projektinohjauksen kannalta. Sen

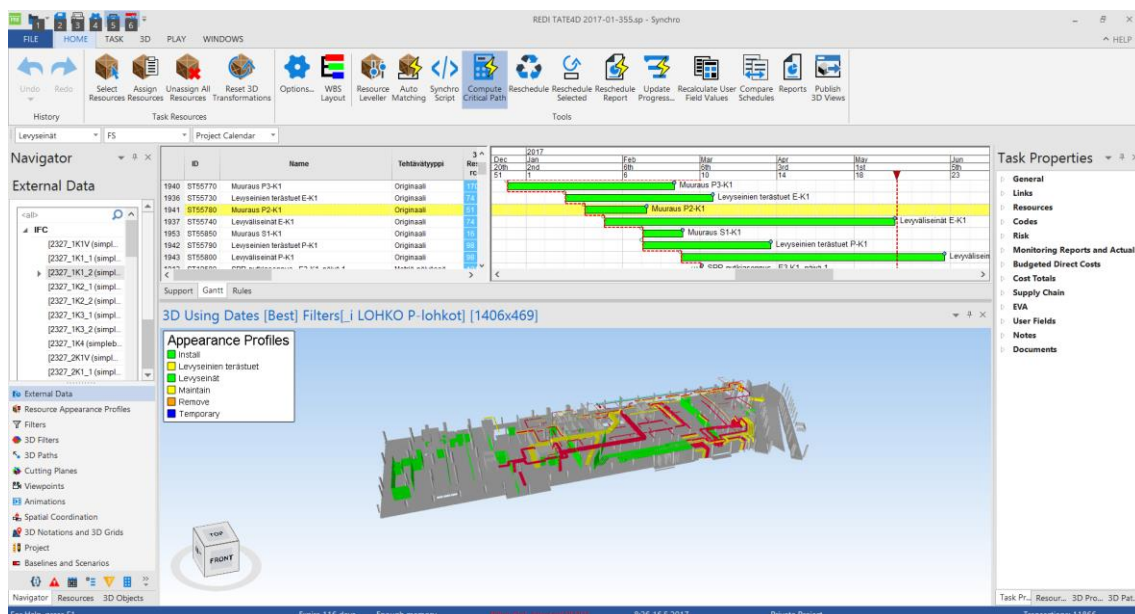
avulla todetaan työvaiheiden aikataulussa pysyminen. Toteumaa seurattiin opinnäyte-työn aikaan esimerkiksi kiertämällä työmaata ja valokuvaamalla seurattavaa työvaihetta. Toteumatieto merkittiin seuranta Exceleihin tai tietomalliin, josta tilanne voidaan todeta erittäin havainnollisesti. Toteumatiedon keräämiseen ja dokumentoimiseen markkinoilla on olemassa muutamia eri ratkaisua.

## 5 Toteuman seuranta

Työmaan toteumaa on tähän asti työmaalla seurattu esimerkiksi työmaata kiertämällä ja valokuvaamalla tilannetta. Testattavien ohjelmistojen tarkoituksena on tämän prosessin tehostaminen ja saadun tiedon hyödyntäminen. Tuotannonohjauksen näkökannasta toteumatieto on erittäin tärkeää, se vaikuttaa suoraan esimerkiksi aikatauluihin ja kustannuksiin.

### 5.1 Synchro PRO & Synchro SITE

Synchro PRO on yhdysvaltalaisen Synchro Software Ltd:n kehittämä ohjelma, jossa aikataulut ja projektinhallinta on integroitu tietomallien dataan ja graafiseen esitykseen. Synchro PRO:ssa yhdistyy perinteinen kolmiulotteinen tietomalli ja siihen syötetty aikataulutieto, muodostaen siitä 4D-mallin [13.]

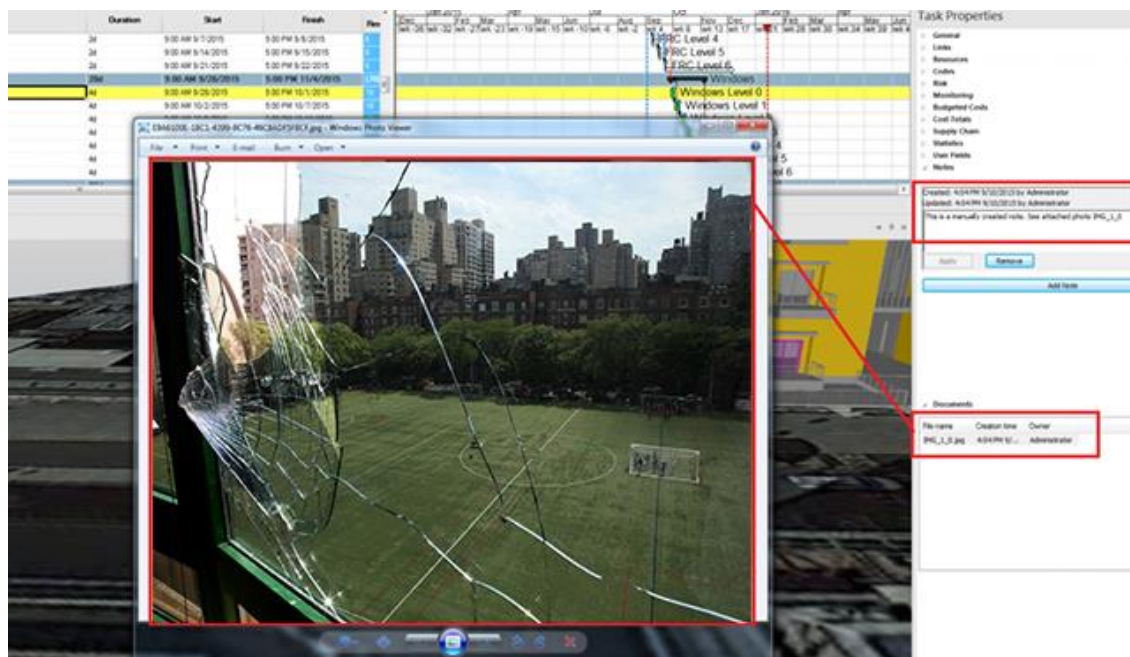


Kuva 11, Synchro PRO:n käyttöliittymä.

Synchron ohjelmisto on ollut SRV:illä pilottikäytössä, mutta 4D-tietomalliohjelmistona SRV:illä on käytössä Vico Office 4D. Vico:lla ei kuitenkaan tarjolla minkäänlaista mobiilisovellusta.

Synchro SITE on Synchro Software Ltd:n tuottama mobiilisovellus, jolla saadaan 4D-tietomallia käytettyä mobiililaitteella. Sen avulla pystytään esimerkiksi seuraamaan ja syöttämään työvaiheiden edistymistä ja resurssien käyttöä. Synchro SITE:llä pystyy myös tekemään myös havaintoja ottamaan valokuvan. Havaintoja voidaan kommentoida ja merkitä niiden sijainti tietomalliin [13.]

Haasteena Synchro SITE:n käytössä on tietomallin käyttö tablettitietokoneella. REDI-hankkeen tietomalli pitää suuren määrän tietoa sisällään, jonka takia tiedoston kokokin on erittäin suuri. Jotta tablettitietokoneella tai muulla mobiililaitteella pystytään käyttämään REDI:n tietomallia, pitää tietomalli pilkkoa pienempiin osiin. Synchro SITE:n koe-käytössä ollut tietomalli oli noin 1/50 koko hankkeen koosta, jota isompaa tietomallia sovellus ei pystynyt avaamaan. Rajoittavana tekijänä Synchro SITE:ssä on myös se, että mobiilisovellus on ainoastaan saatavilla Applen mobiililaitteille. Androidille Synchro SITE:a ei ole saatavilla [15.]



Kuva 12, Synchrono SITE havaintotyökalu [14.]

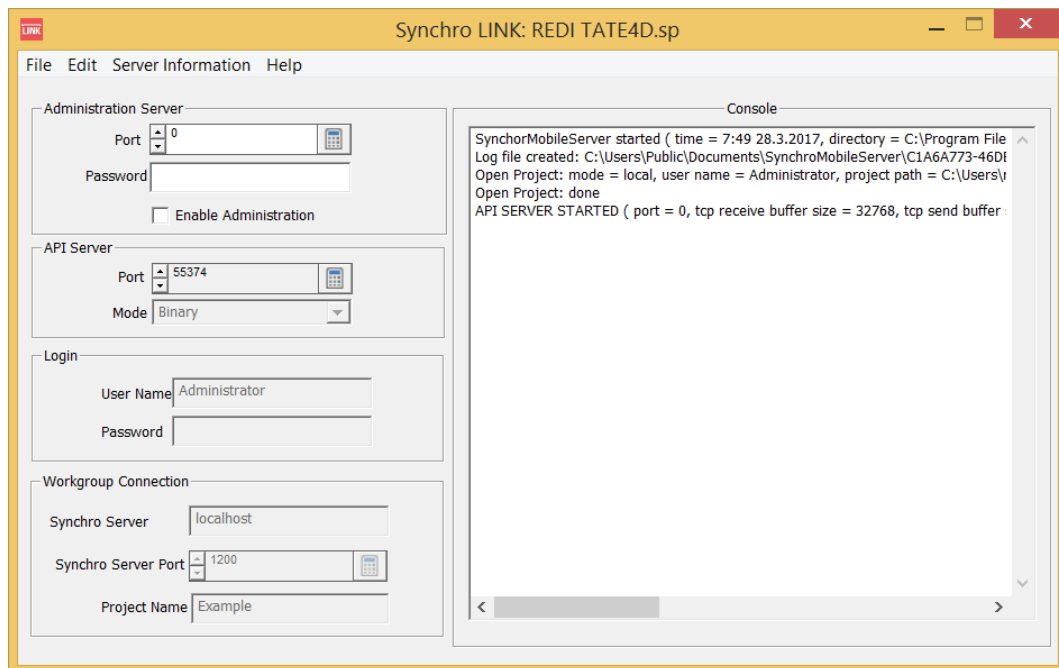
### 5.1.1 Soveltuvuus työmaalle

Synchrono SITE:n ensisijaisena käyttötarkoituksena REDI:n työmaalla on tuotannon toteutuksen seuranta. Synchrono SITE:n käyttöä kokeiltiin työmaalla kolmen viikon ajanjaksolla, kahdesti viikossa. Seurantakohteena oli osa 4 000 m<sup>2</sup> päivittäistavarakaupan LVI-asennuksista.

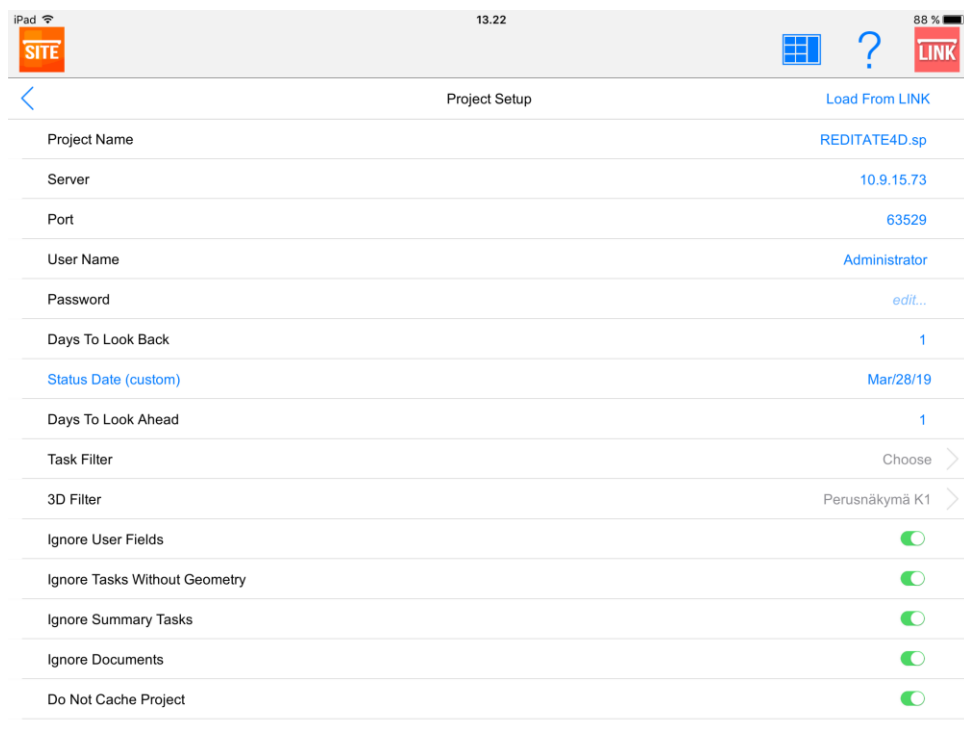
Synchrono SITE ja Synchrono PRO toimivat keskenään Synchrono LINK -nimisen ohjelman välityksellä, joka on 4D-mallin synkronointiin mobiililaitteen ja työpöytäsovelluksen välille tarkoitettu erillinen työpöytäsovellus. Synchrono LINK synkronoi tietomallin WLAN yhteyden välityksellä. Tietokoneen ja tabletin tulee olla yhdistettynä samaan WLAN verkkoon, jotta ne pystytään synkronoimaan keskenään.

Haluttu 4D-malli ladataan Synchrono LINK:iin (kuva 13), jonka jälkeen ohjelma ilmoittaa IP-osoitteen, portin sekä käyttäjätunnuksen ja salasanan, jotka syötetään tabletilla Synchrono SITE:en. Kun yhteys on muodostettu, valitaan halutut 3D-suodattimet malliin ja valitaan "Load from LINK" (kuva 15), jolloin tabletti lataa tietomallin suodattimien tabletille. Synchrono LINK:in asetukset syötetään vain kerran tabletille, jonka jälkeen ohjelma muistaa asetukset tulevaisuudessa. Tämän jälkeen Synchrono SITE on käyttövalmiudessa.



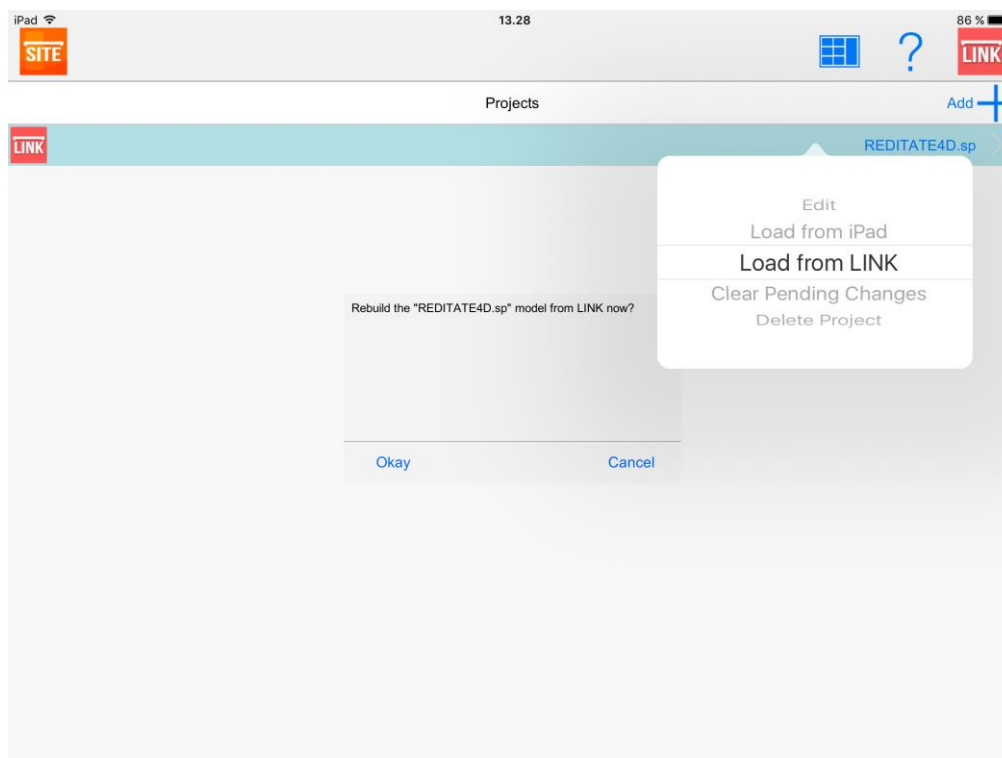


Kuva 13. Synchro LINK, 4D-mallin siirto tabletille.



Kuva 14. Synchro SITE -projektin asetusten määrittäminen.

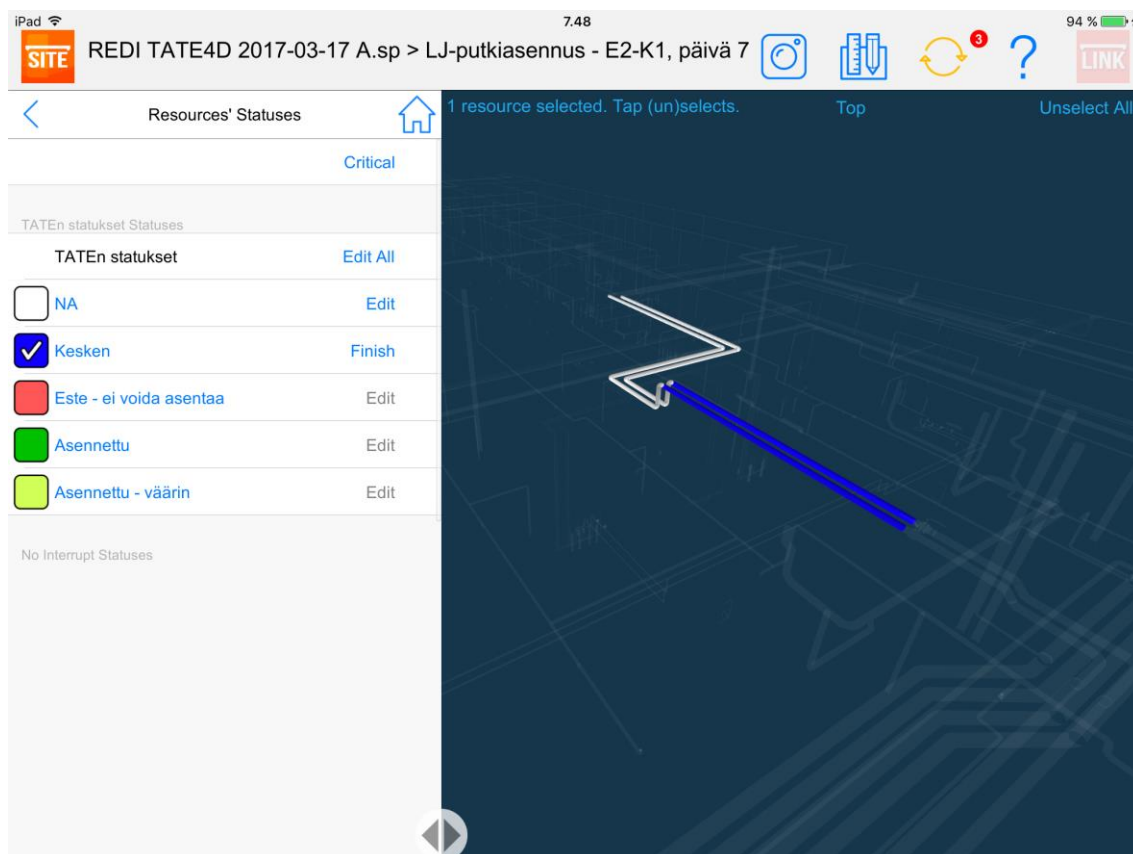




Kuva 15. Sychro SITE -projektin synkronointi.

Sychro SITE:n käyttö ei vaadi internetyhteyttä. Tietomalliin voidaan syöttää tietoja työmaalta ja toimistolle palattaessa synkronoidaan tiedot LINK:in välityksellä työpöytäsovelukseen (Sychro PRO).

Sychro SITE:lla tietomallia käytetään, kuten usealla muullakin mobiilisovelluksella. Sen käyttö vaatii totuttelua ja sorminäppäryyttä. Toteumatietoa voidaan syöttää malliin valitsemalla haluttu yksittäinen tai usea objekti tai aikataulutehtävä ja määrittämällä niille ”Resource Status” eli tila, jotka tässä tapauksessa ovat Kesken (sininen), Este – ei voida asentaa (punainen), Asennettu (vihreä) ja Asennettu väärin (keltainen) (kuva 16). Resource statuksia voidaan muokata Sychro PRO:ssa.



Kuva 16. Synchro SITE, toteuman merkitseminen

Kun muutokset halutut muutokset on tehty Synchro SITE:lla, tietomalli synkronoidaan Synchro LINK:in välityksellä tabletilta tietokoneelle, valitsemalla tabletilla ”Load from iPad”, jolloin Synchro LINK lataa tietomallin muutoksineen tabletilla tietokoneelle.

Tietomallin käytössä Synchro SITE:ssä on parantamisen varaa. Sovelluksen tietomallin käyttö vaatii sorminäppäryyttä ja totuttelua, sillä käyttöliittymä on erittäin herkkä. Toteuman seuranta oli työmaalla paikoittain hankalaa, sillä testikäytössä olleessa tietomallissa ei ollut esitettyä muuta kuin TATE-asennukset (kuva 16). Pohjakuvan tai moduulilinjojen lisääminen malliin olisi tervetullut täydennys ohjelmaan paikannusta varten. Toteumatiedon syöttäminen Synchro SITE:en oli helppoa ja selkeää, mutta toisaalta tiedon syöttäminen oli hidasta, sillä sovelluksesta ei löydy monivalintatyökalua. Tietomalliin toteuman merkitseminen on toisaalta hyvin havainnollista ja tieto saadaan käyttöön heti kun se on synkronoitu Synchro PRO:n kanssa.

Tietomallin synkronointi tabletin ja tietokoneen välillä Synchro LINK:illä osoittautui erittäin hankalaksi, sillä tabletti ei saanut yhteyttä tietokoneeseen muodostettua. IT-tuen tutkittua asiaa, ratkaistiin ongelma poistamalla tietokoneen palomuuuri kokonaan pois käytöstä. Synchro ”täysversiossa” tietomallin synkronointi eri laitteiden välillä tapahtuu Synchro tarjoaman Synchro SWP (Synchro Workgroup Project) pilvipalvelun kautta [13.] Tätä ominaisuutta Synchro ei kuitenkaan tarjonnut testikäyttöön Synchro SWP:n käyttöä voisi selvittää jatkotutkimuksella.

Synchro SITE:n ei sovellu hyvin taloteknisten asennuksien seurantaan, jos halutaan tarkkaa toteumatietoa. Testikohteena ollut alue oli erittäin pieni koko kohteeseen nähden, silti talotekniikkaobjekteja tietomallissa oli tuhansia. Näkisin Synchro SITE:n käytön esimerkiksi runkovaiheessa tai ikkuna-/oviasennuksissa paremmaksi käyttökohteeksi, jossa tietomalliobjekteja ei ole niin paljon.

Synchro PRO, SWP ja LINK lisenssin saa vuosittaisella yhteistilauksella ja se kustantaa \$7 995 vuodessa, eli noin 7 500€/vuosi [13.]

Hyvät puolet	Huonot puolet
tietomallin havainnollisuus 2D piirustukseen verrattuna	tietomallin käyttö herkkää tabletilla
toteumatieto saadaan suoraan malliin	mallin synkronointi mobiilisovellukseen liian monimutkaista
	rajoitettu Apple tuotteille

## 5.2 VisiLean

VisiLean on rakentamisen tuotannonohjaukseen tarkoitettu työkalu, jossa tietomalli ja aikataulutus yhdistyvät. VisiLean toimii pilvipalvelun kautta selaimella tai mobiilisovelluksella. Järjestelmään syötettyä tietoa voidaan seurata ja käyttää reaaliajassa. VisiLeaniin voidaan ladata olemassa oleva tietomalli ja aikataulu.

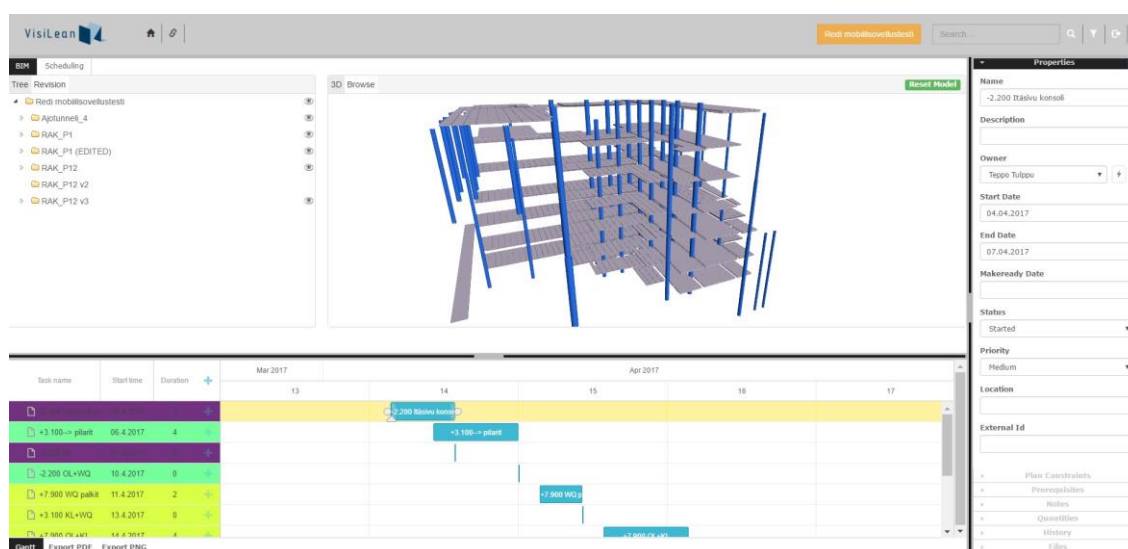
Selaimen käyttöliittymällä voidaan käyttää kaikkia VisiLeanin tarjoamia ominaisuuksia. Sillä voidaan esimerkiksi tarkastella tietomallia, hallinnoida käyttöoikeuksia ja aikataulu-tehtäviä.

Mobiilisovelluksella raportoidaan aikataulutehtävien edistymistä ja se on tarkoitettu työjohtajille. Sovelluksella tehdyt muutokset tulevat reaaliajassa näkyviin pilvipalvelun kautta selaimen pääkäyttöliittymään.

### 5.2.1 Soveltuvuus työmaalle

VisiLeanin soveltuvuutta työmaalla kokeiltiin toteumatiedon seurannassa kolmen viikon ajanjaksolla. Seurantakohteena toimivat kauppakeskuksen luoteislohkon runkorakenteet, joita varten laadittiin erillinen kolmen viikon aikataulu.

Toteumatietoa ohjelmalla seurataan aikataulutehtävien tilan avulla. Aikataulutehtävien edistymistä voidaan syöttää selaimella tai mobiilisovelluksella. Haasteena VisiLeanin käytössä on se, että ohjelma vaatii jatkuvan internetyhteyden. Ohjelmalla ei voi tehdä minkäänlaisia muutoksia ilman internetyhteyttä.

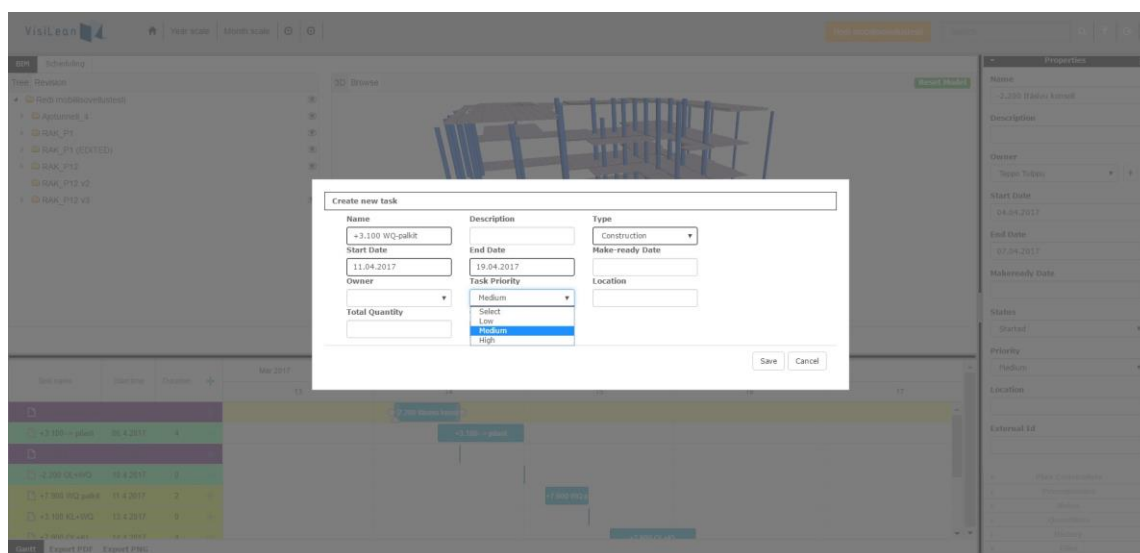


Kuva 17. VisiLean tietomallinäkyvä. Alareunasta löytyy jana-aikataulu, oikeassa reunassa valitun aikataulutehtävän ominaisuudet.

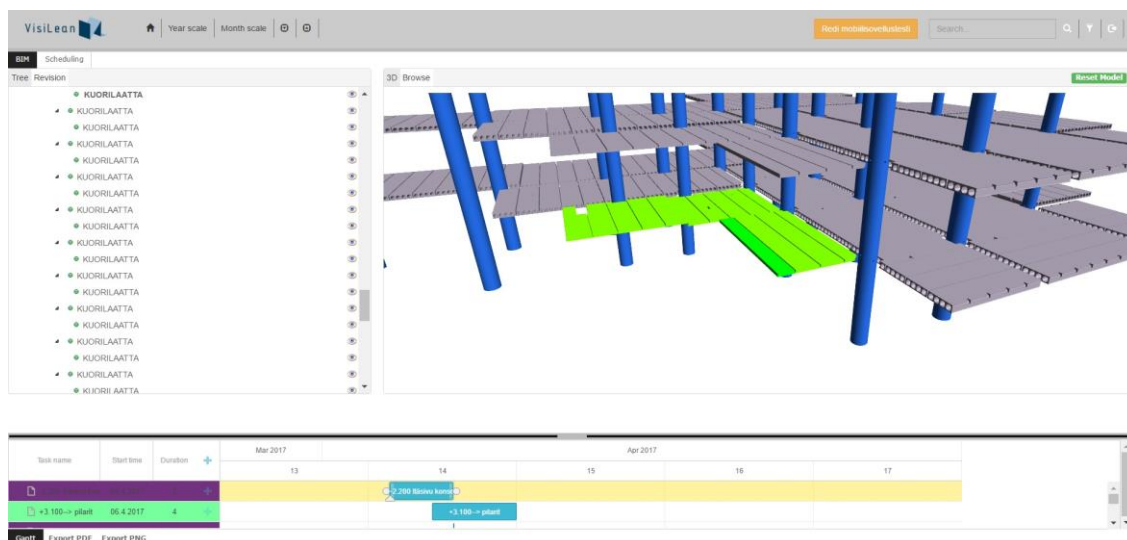
VisiLeanin käyttö aloitetaan lataamalla järjestelmään tietomalli. Tietomalli toimii selaimen kautta, joka asettaa rajoitteita tietomallin kokoon. REDI:n kokoisessa hankkeessa VisiLeanin käytön sujuvuus vaatii projektin tietomallin pilkkomista pienempiin kokonaisuuksiin. REDI hanke on jaettu 14 lohkoon ja ohjelmiston testijaksoa varten laadittiin yhden lohkon kokoinen tietomalli, joka pitää sisällään palkit, pilarit sekä ontelo- ja kuorilaatat

(kuva 17). Tämän kokoisella tietomallilla ohjelma toimi loistavasti, suurempien tietomallien kanssa käyttö ei ollut enää sujuvaa. Tietomallin käyttöliittymästä puuttuu perus työkalut kokonaan, kuten leikkaus- tai piilotustyökalut.

Kun tietomalli on saatu VisiLeanin järjestelmään, voidaan ladata valmis aikataulutiedosto (esim. Microsoft Project CSV, Vico XML tai Primavera XML) tai laatia kokonaan uusi aikataulu (kuva 18). Aikataulun laatiminen on yksinkertaista ja aikataulutehtävien riippuvuudet voidaan määrittää vetämällä riippuvuusviivoja jana-aikakaaviossa. Aikataulutehtäviin voidaan sitoa tietomallista objekteja valitsemalla tehtävä, linkitettävät objektit ja painamalla linkitys-painiketta (kuva 19).

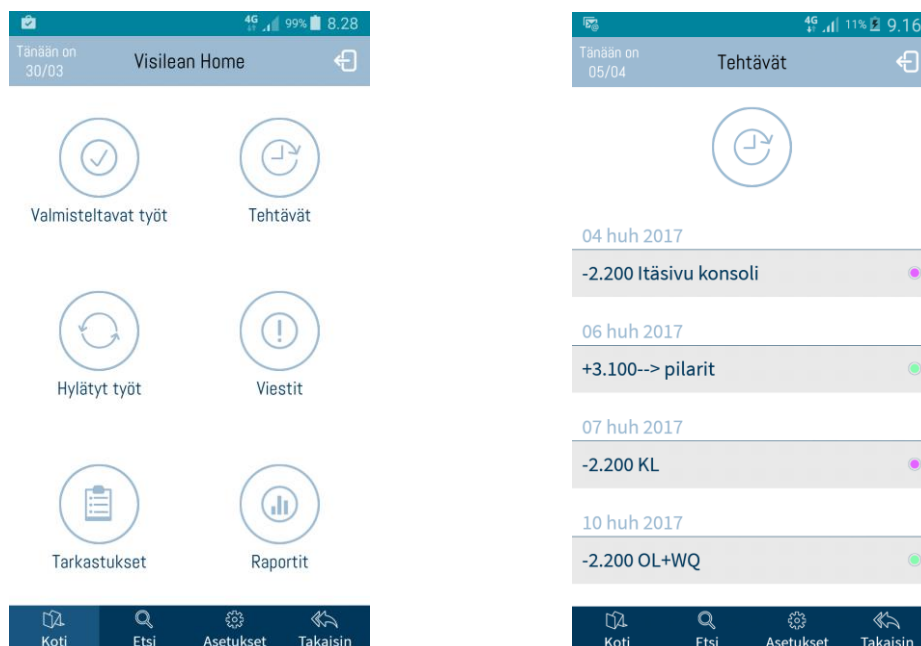


Kuva 18. VisiLean aikataulutehtävän luominen.



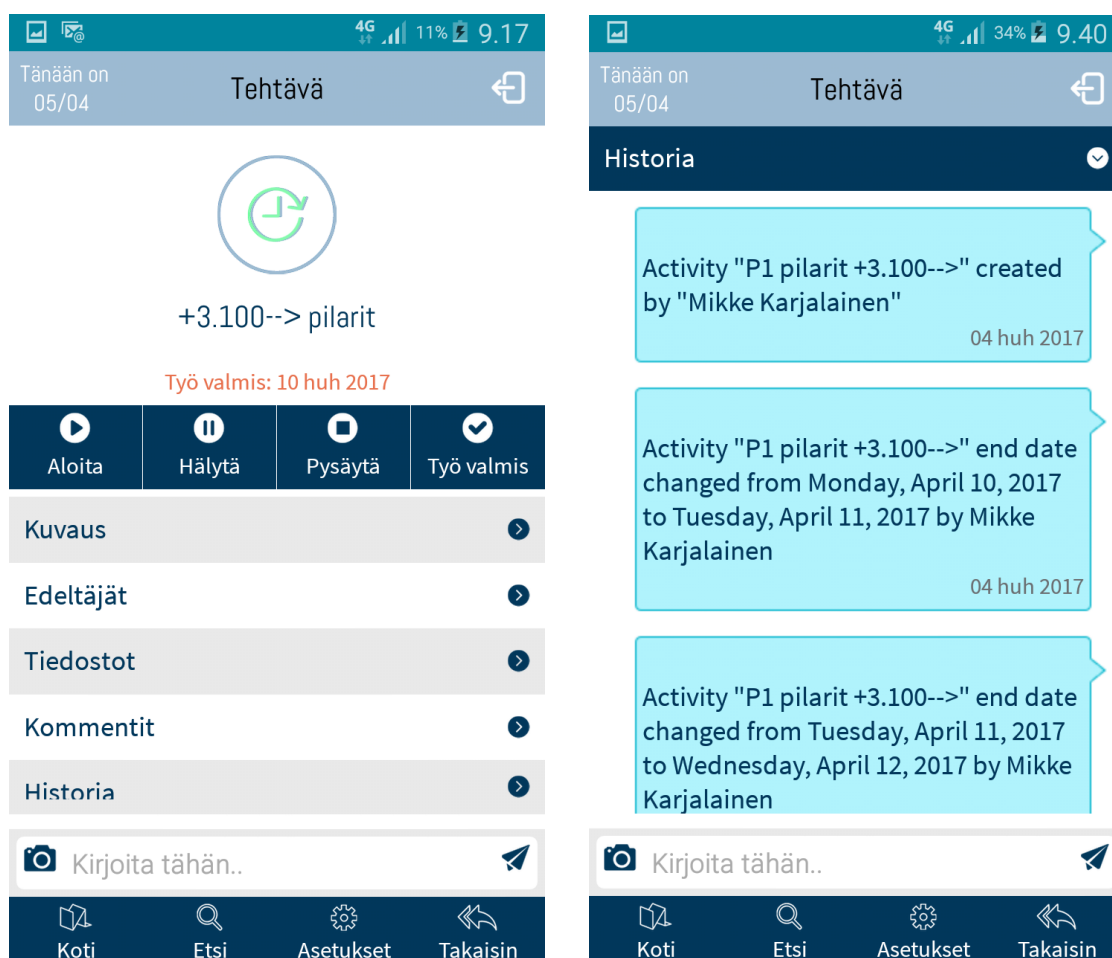
Kuva 19. Objektien linkitys aikataulutetävään VisiLeanilla (valitut objektit vihreällä).

Aikataulun laatimisen tai lataamisen jälkeen mobiilisovellus on käyttövalmiudessa tehtävien seurantaan. Tehtäviin voidaan tehdä tila -muutoksia sekä mobiilisovelluksella että selaimen kautta. Mobiilisovelluksen aloitusnäytössä (kuva 19) ylävasemmalta alaspäin lähdettäessä löytyy ensimmäisenä valmisteltavat työt, jossa määritellään tehtävän aloitusedellytykset ruksaamalla valmiiksi esimerkiksi mesta, työvoima tai suunnittelu. Kun tehtävän aloitusedellytykset täyttyvät, siirtyy se ”Tehtävät”-välilehdelle.



Kuva 19. VisiLean mobiilisovelluksen aloitusnäkö vasemmalla, ”Tehtävät” välilehti oikealla.

Tehtävät välilehdellä tehtävät ovat järjestelty niiden alkamispäivämäärän mukaan. Tehtävien oikeassa reunassa olevat eriväriset täplät indikoivat tehtävän tilan (kuva 19). Kuvassa 19 violetilla värillä olevat tehtävät ovat käynnissä ja turkoosilla värillä olevat tehtävät ovat aloitusvalmiudessa.



Kuva 20. VisiLean yksittäinen tehtävä ja sen loki.

Yksittäisen tehtävän vastuuhenkilö aloittaa työn painamalla "Aloita" painiketta, jolloin tieto siirtyy reaaliaikaisesti VisiLeanin järjestelmään. Häiriöiden sattuessa tehtävä voidaan pysäyttää tai tehdä hälytys. Työn valmistuessa se merkataan valmiiksi, jolloin toteuma pystytään toteamaan. Tehtäviin jää loki muutoksista ja tapahtumista (kuva 20).

VisiLean tekee sen, mitä on luvattu, mutta sovellus vaikuttaa vielä keskeneräiseltä. Mobiilisovelluksen käyttö toteuman seurannassa on yksinkertaista ja helppoa. Toteumatie-

don hyödyntäminen jälkeenkäin on puutteellista, sillä ohjelma ei osaa visualisoida aika-  
taulutehtäviin linkitettyjä objekteja tietomallissa. VisiLeanin tietomallista ei myöskään saa  
objektien määrätietoja. VisiLeanin järjestelmään lisättyä tietomallia päivitettyineen aika-  
taulutietoineen ei saa ladattua järjestelmästä ulos.

Hyvät puolet	Huonot puolet
Reaaliaikainen tehtävien seuranta	Tietomallin käyttö puutteellinen web-käyttölii- tymässä
	Mobiilisovelluksesta puuttuu tehtävien visuaali- nen paikkatieto (tietomalli, pohjapiirustus)

## 6 Laatudokumentointi

### 6.1 ConSight

ConSight on kotimainen rakentamistuotannon projektiohjaukseen tarkoitettu työkalu. Se  
koostuu mobiilisovelluksesta sekä selaimen kautta toimivasta web-hallintapaneelistä.  
Mobiilisovelluksessa on neljä päätyökalua.

Havaintotyökalulla voidaan luoda havaintoja työmaalta, joihin voidaan lisätä kuvia ja tar-  
vittaessa merkintöjä. Se voidaan paikantaa merkkamalla havainnon sijainti pohjapiirus-  
tukseen.

Tarkastustyökalun avulla pystytään toteuttamaan työmaahan liittyviä laatutarkastuksia ja  
katselmuksia. Tarkastuksiin on olemassa valmiita rakennusalan tavanomaisia tarkastus-  
pohjia, joita voidaan muokata tarpeen mukaan sopiviksi. Tarkastuksiin voidaan tueksi  
liittää kuvia sekä kommentteja.

Tehtävälista on reaaliaikainen työkalu tehtävien ja korjauksien hallintaan. Tehtävälistan  
tehtäviin määritetään vastuuhenkilöt, sen avulla pystytään myös ohjata hyväksymispro-  
sessia. Tehtäviin voidaan lisätä kommentteja kuvineen, joista ohjelma tallentaa lokin.

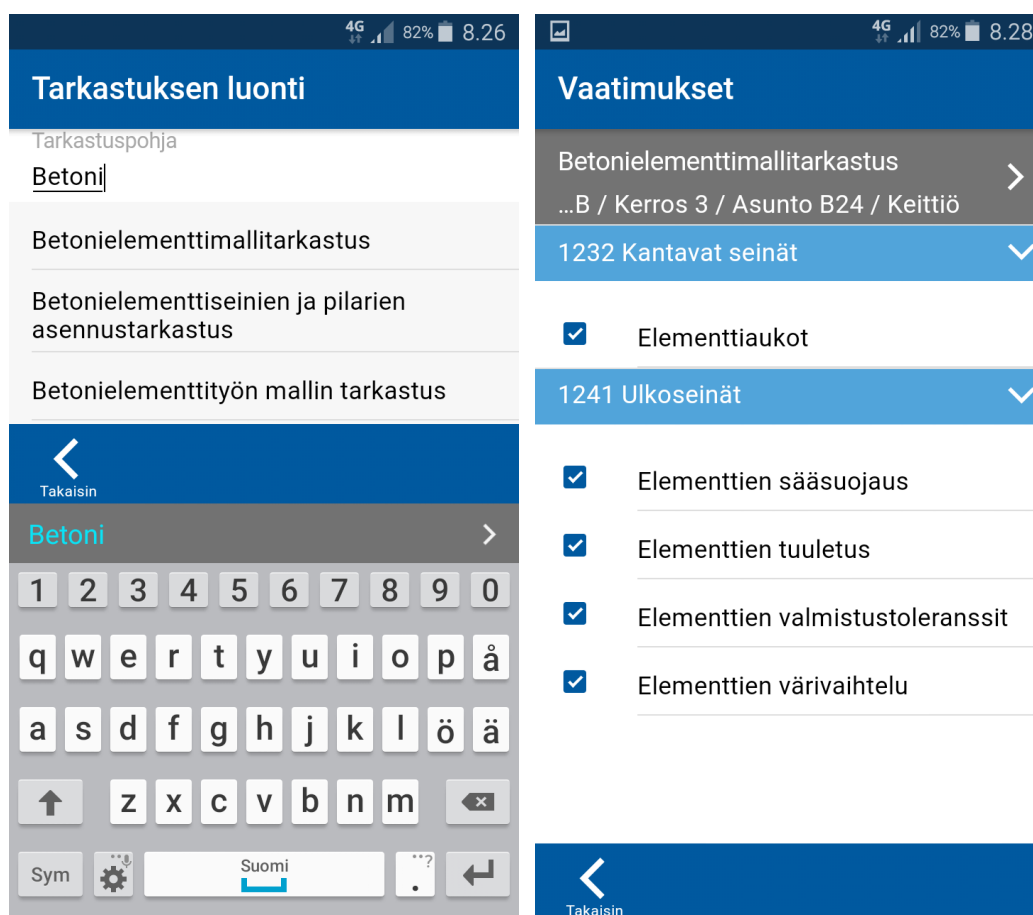
ConSightin työturvallisuustyökalulla saadaan tehtyä viikoittaiset TR- ja MVR-mittaukset.  
Mittaustuloksista saadaan luotua viralliset mittausraportit.



Web-hallintapaneelin avulla hallitaan ja valvotaan projekteja. Sen kautta pääsee esimerkiksi tarkastelemaan ja hallinnoimaan havaintoja, laatutarkastuksia, tehtäväälistaa ja työturvallisuusmittauksia [16.]

### 6.1.1 Soveltuvuus työmaalle

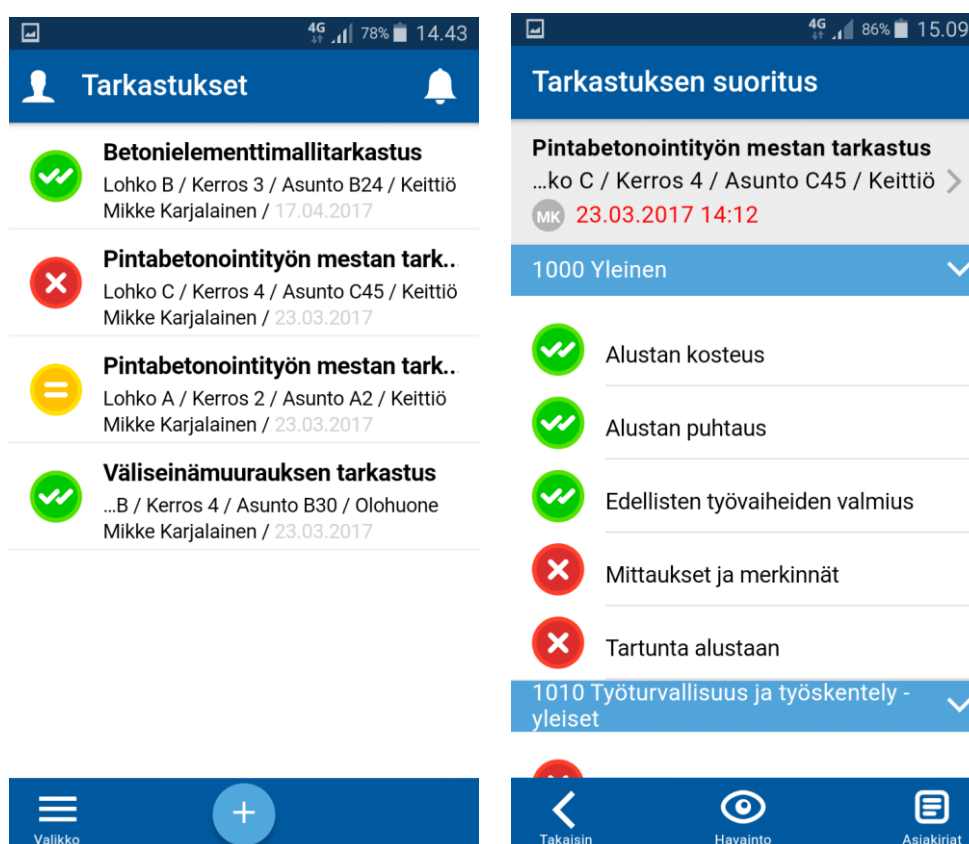
Työmaan laatutarkastukset suoritetaan ConSightilla tarkastus -työkalulla. Tarkastusdokumentin luominen aloitetaan valitsemalla valmis tarkastuspohja, joita sovelluksessa on runsaasti valmiina. Syöttämällä tarkastuspohja kenttään tekstiä sovellus ehdottaa sen perusteella liittyviä tarkastuspohjia (kuva 21 vas.). Tarkastuspohjia voi luoda web-hallintapaneelist ja valmiita pohjia voidaan muokata tarpeen mukaan (kuva 21 oik.). Lopuksi määritetään tarkastukselle kohde, tarkastaja ja tarkastusajankohta.



Kuva 21. ConSight tarkastustyökalu, tarkastuksen luonti ja vaatimukset.

Kun tarkastuspohja on luotu, se siirtyy tarkastukset -listalle (kuva 22 vas.). Listassa on esitetty tarkastuksen tila punaisella, keltaisella tai vihreällä ikonilla. Tarkastuksiin on merkattu myös aiemmin määritetyt tarkastuskohde, tarkastaja ja tarkastusajankohta.

Tarkastusten suorittaminen ConSightilla on yksinkertaista. Jokaisen tarkastuspohjassa olevan yksittäisen tehtävän tila määritellään näpäyttämällä ikonia (kuva 22 oik.). Tarkastuksiin voidaan lisätä kommentteja ja havaintoja. Havainnoille määritetään suorittaja ja hyväksyjä, jonka jälkeen se voidaan jakaa sovelluksen kautta esimerkiksi sähköpostilla.



Kuva 22. ConSight tarkastus -työkalu, tarkastuslista ja tarkastuksen suoritus.

Kaikki tarkastukset ja niihin lisätyt kommentit tai havainnot tulevat reaaliaikaisena näkyviin web-hallintapaneeliin (kuva 23). Raportit voidaan tulostaa jatkokäyttöön web-hallintapaneelist.

ConSightin tarkastus -työkalu on yksinkertainen ja helppokäyttöinen. Yksinkertaistettuna tarkastusten tekeminen sovelluksella on rasti-ruutuun-näpäyttelyä ja vikatilanteissa ku-


van tai kommentin lisäämistä. Suurin työ tulee tehtyä web-hallintapaneelissa tarkastuspohjien luonnissa. ConSightin hinta määräytyy käyttäjämäärän mukaan projektikohtaisesti, 20–40 €/käyttäjä.

1010 Työturvallisuus ja työskentely - yleiset

**Sähköistys ja valaistus sekä vesi**

Työvaiheen ja olosuhteiden mukaisesti.

Kommentti: Sähkö puuttuu


Hylätty 

- / None

1020 Olosuhdevaatimukset

**Ilman lämpötila**


Kommentti: Kuivattava mahdollisimman pian

Hylätty 

70 / None

Tarkastuksen havainnot

Virhe / 18. huhtikuuta 2017 ...



Kuvaus

Suorittaja

None – -

None

Kohde

Lohko C / Kerros 4 / Asunto C45 / Keittiö

Tila / kommentit

Aloitettu: -

Kuitattu: -

Kuva 23. ConSight web-hallintapaneelin raportti yksittäisestä tehtävästä.

Hyvät puolet	Huonot puolet
Ei vaadi jatkuvaa internet yhteyttä	Suunnitelmat pitää siirtää palvelimelle manuaalisesti. Suunnitelmien ajantasaisuus.
Helppokäyttöinen ja yksinkertainen käyttöliittymä	Sovellus ei muista muokattuja tarkastuspohjia

## 6.2 PlanGrid

PlanGrid on yhdysvaltalainen rakennusalan tiedonhallinnan sovellus. Sillä on ConSightin tapaan selaimen ja mobiilisovelluksen kautta toimivat käyttöliittymät. PlanGridilla voidaan tarkastella suunnitelmia, tehdä muistiinpanoja, ottaa piirustuksista mittoja, laatia dokumentteja ja jakaa tietoa muiden osapuolten kesken. Mobiilisovellus on saatavilla

sekä Android- että iOS-laitteille. Tällä hetkellä kaikkia PlanGridin tarjoamia ominaisuuksia ei ole saatavilla Android-mobiilisovelluksessa.

Rakennusalan mobiilisovelluksiin liittyviä opinnäytetöitä tutkiessa selvisi, että PlanGrid on käytössä useassa yrityksessä luovutusvaiheen dokumentoinnissa. Tässä työssä tutkittiin kuitenkin PlanGridin Field Reports -työkalua, jolla voidaan laatia työmaan laatudokumentointia. Field Reports on vuonna 2016 lisätty ominaisuus PlanGridiin ja se on edelleen beta testissä [18.]

#### 6.2.1 Soveltuvuus työmaalle

PlanGridissä ei ole valmiita laatudokumentointipohjia. Field Reports-työkaluun ladataan omat pdf-muotoiset laatudokumentointipohjat. Tällä on hyvät ja huonot puolensa. Laatudokumenttipohjat ovat tällöin yhtenäiset muiden työmaalla käsin tehtyjen dokumenttien kanssa. Toisaalta kaikki dokumenttipohjat tulee ladata erikseen järjestelmään ja pdf-tiedostoihin pitää lisätä täytettävät lomakekentät pdf-työkalulla (kuva 24). Jos pohjiin halutaan tehdä muutoksia, pitää alkuperäisen dokumentin Excel-pohjaa muokata, kääntää se pdf-tiedostoksi, lisätä lomakekentät ja ladata se uudelleen PlanGridiin.

**Pilareiden täyttövalut tarkastuslista**

Dokumentti sisältää täytettäviä lomakekenttiä. Korosta lomakekentät

**Tarkastuslista**  
**Liittopilareiden täyttövalut**

Päivämäärä	Urakoitsijan edustaja	
Aloitusaika		
Lopetus aika	Aliurakoitsijan edustaja	
Ilman lämpötila		

- Liittopilarin sisällä ei ole vettä/jäätä ja pohja on puhdas  
Huom. Lämpötila
- Tartunnat on paikoillaan ja tarkistettu piirustuksesta
- Oikea betonimassa on katsottu kyseisen lohkon pilarien teräsrakenteet, tasorakenteet, detaili-piirustuksesta ja on tämän tarkistuslistan liitteenä
- Pilarin ei pumpata huonolaatuista betonia valun alkaessa, "limu" linjasta roska-astiaan
- Pilaria on pumpattu täyteen niin kauan, että hyvälaatuista betonia on ylös asti, sen jälkeen vibraus
- Tunti valun jälkeen tarkistetaan betonin korkeus-asema, tarvittaessa lisäys ja vibraus
- Pilari on täynnä yläpäästä, jos ei niin täyttö yläkautta ja vibraus
- Pilarin pää on tasainen valun jälkeen, ylimääräinen betoni puhdistetaan pois

Hyväksytty	Väärin	Huom
Check	Chec	Text3
Check	Chec	Text3
Check	Chec	Text3
Check	Chec	Text3
Check	Chec	Text3
Check	Chec	Text3
Check	Chec	Text3
Check	Chec	Text3

Talvibetonointi:  
Jos ilman lämpötila on alle +5 °C valun alkaessa tai seuraavan 2 vuorokauden aikana, on ryhdyttävä talvibetonointi toimenpiteisiin; lämmityskaapeli/lämmitetty betonimassa/ nopeammin kovettuva betonityyppi/korotettu lujuusluokka/lämmöneristys  
Lämpötilaseuranta 3 vrk / kunnes 60% loppulujuudesta on saavutettu, Betopius laskelma

Pilarien kokoonpanonumerot, jolle annetaan valulupa:

Kokoonpanonumerot:

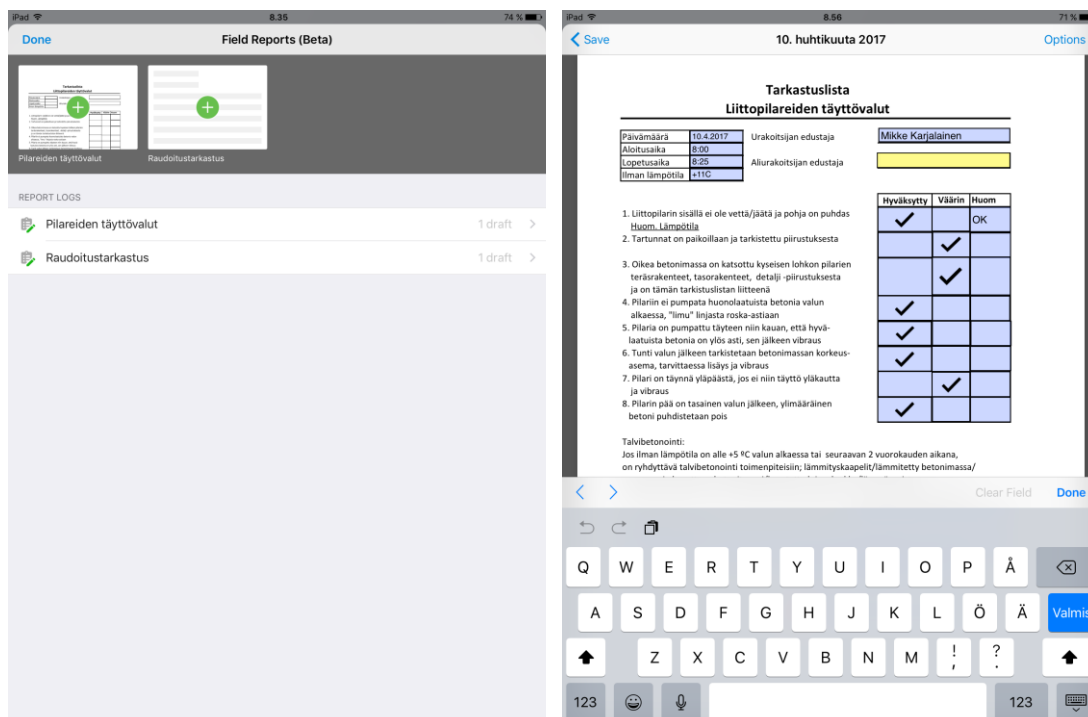
Urakoitsijan edustajan allekirjoitus

Aliurakoitsijan edustajan allekirjoitus

Asetukset... L: 210,0mm X: K: 296,9mm 1/1 Käynnistä

Kuva 24. Täytettävien lomakekenttien lisäys pdf-tiedostoon PDF-XChange Editorilla.

Dokumenttipohjan latauksen yhteydessä PlanGridiin määritetään raportin vastuu osapuolet. Vastuuosapuolille tulee automaattinen ilmoitus, kun dokumentti on täytetty ja syötetty PlanGridiin. Ladatut dokumenttipohjat löytyvät PlanGridin Field Reports -välilehden takaa (kuva 25).



Kuva 25. Vasemmalla Field Reports välilehti ja oikealla dokumenttipohjan täyttäminen.

Raportin lomakekenttien täyttäminen sovelluksella on yksinkertaista, mutta tiedonsyöttö tablettitietokoneella on aikaa vievää (kuva 25). Asiakirjan täyttämisen nopeuttamiseksi, tekstiä voidaan lisätä iPadin puheentunnistuksen avulla. Ohjelmalla voidaan myös lisätä tekstiä lomakekenttien ulkopuolelle, jos on tarpeen. Tällä hetkellä PlanGridillä ei ole mahdollisuutta lisätä liitteitä raporteihin.

Kun raportti on täytetty ja tallennettu PlanGridiin, tulee siitä ilmoitus aiemmin määritetyille vastuuhenkilöille. PlanGridiin jää loki kaikista raporteihin liittyvistä muutoksista. Field Reports työkalu on vielä hyvin keskeneräinen ja siitä puuttuu paljon ominaisuuksia. Valmista raporttia ei esimerkiksi pysty jakamaan PlanGridin ulkopuolisille käyttäjille.

PlanGrid on pääasiallisesti käytössä Yhdysvalloissa ja sovelluksen ominaisuudet ovat sen mukaiset. Field Reports -työkalusta puuttuu runsaasti ominaisuuksia, joita ConSightin, Congridin ja muissa suomalaisissa sovelluksissa on.

PlanGrid on ilmainen 50 dokumenttiin asti, jonka jälkeen hinta määräytyy käyttäjien mukaan. 550 dokumenttiin asti PlanGrid kustantaa \$39/käyttäjä/kk, 5 000 dokumenttiin asti \$59/käyttäjä/kk ja siitä ylöspäin \$119/käyttäjä/kk [17.]

Hyvät puolet	Huonot puolet
Yhtenäinen dokumenttipohja	Dokumenttipohjien muokkaus ei mahdollista PlanGridillä
	Raportin jakaminen ei ole mahdollista PlanGridin ulkopuolelle
	Raportteihin ei saa liitteitä

## 7 Pohdinta

Rakennusalalla on tarjolla runsaasti eri mobiilisovelluksia ja tästä massasta helmien löytäminen on työlästä. Monta mobiilisovellusta kokeilleena ja useita haastatteluita pitäneenä minulle on syntynyt käsitys, että sovellusten tulee olla mahdollisimman yksinkertaisia ja niiden hyödyt merkittäviä, jotta niiden käyttöönotto olisi luontevaa sekä hyödyt todellisia. Tällä hetkellä on monta eri käyttäjätunnusta ja salasanaa moneen eri paikkaan. Mielestäni rakennusalalla tarvittaisiin yksi portaali, jonka takana kaikki työkalut olisivat.

Toteuman seuranta on tärkeä osa työmaan tuotannonohjausta. Kriittiset työvaiheet vaikuttavat seuraavien tehtävien aikatauluihin ja sitä kautta kustannuksiin. Tällä hetkellä työmaan toteumaa seuraa työnjohtajat ja projekti-insinööri. Ihanteellinen tilanne SRV:n puolesta olisi se, että seuranta saataisiin kokonaan delegoitua urakoitsijalle. Tällöin SRV ja urakoitsija saavat automaattisesti toteumatiedon käyttöönsä. Käytettävän ohjelman tulee olla erittäin yksinkertainen ja helppokäyttöinen, jotta tämä olisi mahdollista.

## 8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää haastatteluiden perusteella mitkä osa-alueet REDI työmaan tuotannonohjauksessa tarvitsee eniten tehostamista ja etsiä näihin tarpeisiin SRV:lle uusia kokeilemattomia mobiilisovelluksia. Pääasiallisina tarpeina haastatteluissa tuli esiin työmaan toteuman seuranta sekä laatutarkastusten dokumentointi. Näihin molempiin tarpeisiin löytyi kaksi mobiilisovellusta, joiden soveltuvuutta työmaalla kokeiltiin.

Toteuman seurantaan kokeiltiin Synchron ja VisiLeanin mobiilisovelluksia. Synchron käyttöä kokeiltiin taloteknisten asennusten seurannassa, joka osoittautui hankalaksi tuhansien tietomalliobjektien takia. Tarkan toteumatiedon saamiseksi, Synchro soveltuisi parhaiten esimerkiksi runkovaiheeseen. VisiLeanilla toteuman seuranta oli yksinkertaista, mutta siitä puuttui tehtävien visualisointi tietomallin tai piirustusten avulla kokonaan. Molempien sovelluksien kanssa REDI hankkeen koon kanssa oli ongelmia. Esimerkiksi Synchro SITE:ssä tietomalli piti rajata niin pieneksi, että koko kohde olisi yli 50 osassa. Tietotekniikan kehittyessä, tämäkään ei ole ongelma muutaman vuoden kuluessa.

Työmaan laatudokumentointiin kokeiltiin PlanGridiä ja ConSightia. Molemmilla sovelluksilla on paljon muitakin työkaluja kuin laatutarkastusten dokumentaatio. Laatudokumentointiin tarkoitettu PlanGridin Field Reports -työkalu oli opinnäytetyön aikaan vielä beta testissä ja siitä puuttui paljon ominaisuuksia mitä monessa muussa kilpailevissa mobiilisovelluksissa on. ConSightin käyttö laatutarkastusten dokumentointiin on yksinkertaista, helppoa ja hyvin samanlaista kilpailijoiden tuotteiden kanssa.

Lopputuloksena mobiilisovellusten soveltuvuus REDI työmaalle tuli selvitettyä. Kaikista sovelluksista löytyi hyvät ja huonot puolensa. Kaikissa oli kuitenkin jotain parantamisen varaa, eivätkä täysin sovellu sellaisenaan työmaalle. REDI työmaa on kestänyt jo useita vuosia. Jotta uusien mobiilisovellusten käyttöönotto olisi luontevaa, tulisi ne ottaa heti projektin alusta käyttöön.



## Lähteet

1. Junnonen, Juha-Matti. 2010. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Helsinki. Suomen Rakennusmedia Oy.
2. Koski, Hannu. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki. Rakennustieto Oy.
3. Koskenvesa, Anssi. Sahlstedt, Satu. 2013. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2013. Helsinki. Rakennustieto Oy.
4. Koskenvesa, Anssi. Mäki, Tarja. Sahlstedt, Satu. 2009. Rakennustöiden laatu 2009. Helsinki. Rakennustieto Oy.
5. Kankainen, Jouko. Sandvik, Tom. 2007. Rakennushankkeen ohjaus. Helsinki. Rakennustieto Oy.
6. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Finlex. Verkkodokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Luettu 24.2.2017.
7. RT 16–10660, Rakennusurakan yleiset sopimusehdot 1998. 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy.
8. Building Smart Finland, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf), luettu 28.2.2017.
9. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, tietomallinnus, <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>, luettu 28.2.2017.
10. Wikipedia "Building information modeling", [https://en.wikipedia.org/wiki/Building\\_information\\_modeling](https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling), luettu 28.2.2017.
11. The B1M verkkosivut, <http://www.theb1m.com/video/what-is-4d-bim>, luettu 28.2.2017.

12. Lemmetty, Hanna. 2013. Taulutietokoneen hyödyntäminen rakennustyömaan tuotannonohjauksessa.
13. Synchro Ltd:n verkkosivut, <https://synchroltd.com/>, luettu 6.3.2017
14. Synchro Ltd:n verkkosivut, <https://synchroltd.com/wp-content/uploads/2015/10/Adding-Notes-and-Photos.png>, luettu 6.3.2017
15. iTunes verkkosivut, <https://itunes.apple.com/de/app/synchro-site-2016-4d-bim-vdc/id1093870990>, luettu 14.3.2017
16. ConSight verkkosivut, <http://www.consight.fi>, luettu 23.3.2017
17. PlanGrid verkkosivut, <https://www.plangrid.com/>, luettu 23.3.2017
18. PlanGrid, Field Reports käyttöohjeet, <https://help.plangrid.com/hc/en-us/articles/115002074048-Field-Reports>, luettu 5.4.2017